VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

SEMESTRÁLNÍ PRÁCE

Brno, 2019 Bc. Juraj Korček

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

APLIKACE PRO GENEROVÁNÍ A OVĚŘOVÁNÍ KONFIGURACÍ SÍŤOVÝCH ZAŘÍZENÍ
APPLICATION GENERATING AND VERIFYING CONFIGURATIONS OF NETWORK DEVICES

SEMESTRÁLNÍ PRÁCE
SEMESTRAL THESIS

AUTOR PRÁCE — **Bc. Juraj Korček**
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — **doc. Ing. Jan Jeřábek, Ph.D.**
SUPERVISOR

BRNO 2019

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

Semestrální práce

magisterský navazující studijní obor **Informační bezpečnost**
Ústav telekomunikací

Student: Bc. Juraj Korček ***ID:*** 187238
Ročník: 2 ***Akademický rok:*** 2019/20

NÁZEV TÉMATU:

Aplikace pro generování a ověřování konfigurací síťových zařízení

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s problematikou síťových zařízení, síťových operačních systémů, hlavních používaných komunikačních protokolů a způsobů konfigurace těchto zařízení. Dále prostudujte problematiku osvědčených postupů konfigurace, zejména s ohledem na bezpečnost fungování zařízení v síti a také problematiku anonymizace těchto konfigurací. Navrhněte systém či aplikaci, která bude umět pro vybranou množinu síťových zařízení vytvářet přednastavené parametry nastavení, které bude možné na dané síťové zařízení aplikovat. Dále musí daná aplikace umět verifikovat správnost existujících konfigurací, upozornit na případné nedostatky a i konfiguraci modifikovat tak, aby splňovala hlavní bezpečnostní a provozní standardy a doporučení. Fungování aplikace ověřte na testovacích vzorcích síťových konfigurací různých zařízení z několika různých sítí a případně i různých výrobců.
V rámci semestrálního projektu je třeba vypracovat teoretickou část zadání, vybrat vhodné programovací prostředí pro plánovanou aplikaci a navrhnout a popsat strukturu dané aplikace či systému, včetně základního popisu jednotlivých komponent a jejich předpokládané funkcionality. Vlastní řešení mírně rozpracujte.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] Stallings W., Network security essentials: applications and standards. 6th ed. Hoboken: Pearson education, 2017, 445 s. ISBN 978-0-13-452733-8.

[2] McMillan, T., CCNA Security Study Guide: Exam 210-260. 2nd ed. USA: Sybex, 2018, 384 s. ISBN 978-1--1-940993-9.

Termín zadání: 23.9.2019 ***Termín odevzdání:*** 21.12.2019

Vedoucí práce: doc. Ing. Jan Jeřábek, Ph.D.
Konzultant:

prof. Ing. Jiří Mišurec, CSc.
předseda oborové rady

ABSTRAKT

Abstrakt práce v originálním jazyce

KĽÚČOVÉ SLOVÁ

sieť, bezpečnosť, overenie, audit, generovanie, konfigurácia, nastavenie, python, yaml

ABSTRACT

Překlad abstraktu v angličtině (nebo češtině pokud je originální jazyk angličtina)

KEYWORDS

network, security, verification, audit, generation, configuration, setting, python, yaml

KORČEK, Juraj. *Aplikace pro generování a ověřování konfigurací síťových zařízení*. Brno, 2020, 102 s. Diplomová práca. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací. Vedúci práce: doc. Ing. Jan Jeřábek, PhD.

VYHLÁSENIE

Vyhlasujem, že svoju diplomovú prácu na tému „Aplikace pro generování a ověřování konfigurací síťových zařízení“ som vypracoval samostatne pod vedením vedúceho diplomovej práce, s využitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú všetky citované v práci a uvedené v zozname literatúry na konci práce.

Ako autor uvedenej diplomovej práce ďalej vyhlasujem, že v súvislosti s vytvorením tejto diplomovej práce som neporušil autorské práva tretích osôb, najmä som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobnostných a/alebo majetkových a som si plne vedomý následkov porušenia ustanovenia § 11 a nasledujúcich autorského zákona Českej republiky č. 121/2000 Sb., o práve autorskom, o právach súvisiacich s právom autorským a o zmene niektorých zákonov (autorský zákon), v znení neskorších predpisov, vrátane možných trestnoprávnych dôsledkov vyplývajúcich z ustanovenia časti druhej, hlavy VI. diel 4 Trestného zákonníka Českej republiky č. 40/2009 Sb.

Brno ....

podpis autora

POĎAKOVANIE

Rád by som poďakoval vedúcemu diplomovej práce pánovi doc. Ing. Janovi Jeřábkovi Ph.D. za odborné vedenie, konzultácie, trpezlivosť a podnetné návrhy k práci.

Obsah

Zoznam obrázkov

Zoznam tabuliek

Zoznam výpisov

Úvod

Kybernetická bezpečnosť je bezpochyby jednou z hlavných tém 21. storočia. Útoky na infraštruktúru a systémy naberajú nielen na frekvencii, ale čo je ešte horšie tak aj na sofistikovanosti. Napriek častému zdôrazňovaniu odborníkov o kladenie čoraz väčšieho dôrazu na bezpečnosť pri návrhu, implementácii a nasadení, sa stále stretávame s fatálnymi dôsledkami, ktoré boli spôsobené nedostatočným venovaním pozornosti bezpečnosti.

Problém nedostatočného zabezpečenia nie je ani tak nevedomosť základných bezpečnostných praktík administrátorov alebo programátorov, ale potreba rýchleho nasadenia systému a infraštruktúry s odložením implementácie bezpečnostných praktík na neskôr. Tieto problémy vznikajú aj pri dodatočnej implementácií nových modulov a pridaní novej infraštruktúry, kedy sa nemení celok, ale pridanie jednej časti môže výrazne ovplyvniť a zmeniť stav bezpečnosti celého systému. Z tohto dôvodu je priam žiadúce disponovať nejakým procesom alebo nástrojom na dodatočné zistenie nedostatkov a ich následnú elimináciu. Veľmi silnou motiváciou by malo byť aj to, že dôsledkom bezpečnostných nedostatkov sú globálne miliardové škody a straty reputácií firiem.

Jednou z hlavných častí infraštruktúry, kde dochádza k významným bezpečnostným incidentom je počítačová sieť, bez ktorej by dnes informačné technológie nevedeli fungovať. Preto sa táto práca bude zaoberať práve ňou, keďže je vstupnou bránou do systémov a jej vyradením alebo zneužitím prichádzajú organizácie o finančné prostriedky, citlivé dáta a dôveru užívateľov.

Výsledkom tejto práce bude aplikácia overujúca nastavenia sieťových zariadení prevažne v lokálnej sieti, ktorá umožňuje zjednať nápravu na základe nájdených nedostatkov. Výhodou oproti existujúcim riešeniam bude otvorenosť kódu a modularita, ktorá umožní rozšírenie aplikácie na sieťové zariadenia rôznych výrobcov. Dôležitým výstupom bude taktiež zoznam bezpečnostných a prevádzkových odporúčaní vychádzajúcich z rôznych štandardov a odporúčaní, ktoré môžu byť v budúcnosti použité ďalšími užívateľmi aplikácie pri zostavovaní modulov pre zariadenia rôznych výrobcov. Vytvorený zoznam odporúčaní bude obsahovať zatriedenie odporúčaní podľa závažnosti, čo súčasné riešenia neponúkajú. Odporúčania ako aj výsledná aplikácia počíta s rozdelením odporúčaní a nálezov aj podľa umiestnenia zariadenia v hierarchickom modeli siete, aby nedochádzalo ku falošne pozitívnym správam. Jednou z kľúčových vlastností je bezplatnosť, keďže podľa zistení takmer polovica útokov smeruje na malé firmy, ktoré bezpečnosť často neriešia z finančnej náročnosti programov na detekciu bezpečnostných nedostatkov.

1 Kybernetická bezpečnosť

S čoraz na väčšou informatizáciou naprieč všetkými odvetviami života, je nutnosťou riešiť aj zabezpečenie systémov, infraštruktúry a dát. Kybernetická bezpečnosť je bez pochýb jednou z najdiskutovanejších tém 21. storočia.

Podľa zistení z roku 2018 [1] takmer polovica útokov smeruje na malé firmy, ktoré bezpečnosť riešia iba minimálne alebo vôbec. Predpokladá sa [1], že pre rok 2019 bude na kybernetickú bezpečnosť minutých 6 miliárd dolárov, naopak škody spôsobené kybernetickými útokmi presiahnu jednu miliardu dolárov a veľmi záškodné útoky typu *Distributed Denial of Service – distribuované odoprenie služby* (DDoS) by mali vzrásť až šesťnásobne.

Vyššie zmienené predpovede len potvrdzujú dôležitosť kybernetickej bezpečnosti pri návrhu, implementácií, nasadzovaní a prevádzke informačných technológií.

1.1 Vybrané pojmy z kybernetickej bezpečnosti

- Informačné aktívum (Asset) – čokoľvek, čo je nutné chrániť, napr. dáta, fyzická informačná infraštruktúra, systémy [2].

- Zraniteľnosť (Vulnerability) – neprítomnosť alebo nedostatočné opatrenia na zabezpečenie. Zraniteľnosť môže byť prítomná hardvéri, softvéri alebo samotnom užívateľovi [2].

- Hrozba (Threat) – vzniká v prípade odhalenia alebo zneužitia zraniteľnosti. Zároveň platí, že hrozbou je aj zraniteľnosť, ktorá doposiaľ nebola neidentifikovaná [2].

- Útočník (Threat agent) – entita, ktorá zneužije zraniteľnosť [2].

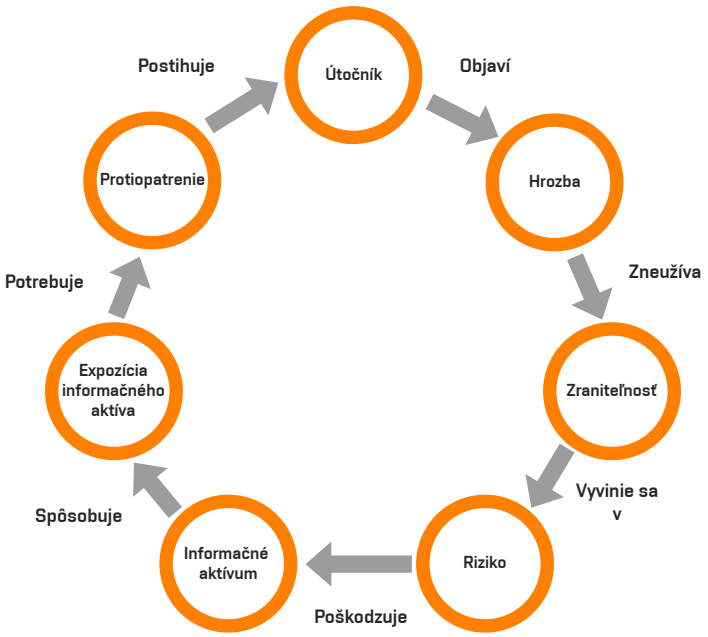
- Riziko (Risk) – pravdepodobnosť, že útočník využije zraniteľnosť, pričom príde k dopadu na systém alebo infraštruktúru [2].

- Útok na bezpečnosť (Security attack/Explotation) – krok, ktorý kompromituje bezpečnosť informačného aktíva [3].

- Bezpečnostný mechanizmus (Security mechanism) – proces, ktorý je navrhnutý na detegovanie, prevenciu a zotavenie z útoku.

- Protiopatrenie (Countermeasure) – ochranné opatrenie, ktoré znižuje riziko [2].

- Expozícia informačného aktíva (Exposure) – dochádza k nej ak je aktívum vystavené stratám nedostatočným alebo neprítomným zabezpečením [2].



Obr. 1.1: Koncept bezpečnosti a vzájomné vzťahy pojmov [2]

Na obrázku 1.1 je možné vidieť vzájomnú interakciu medzi pojmami. Zároveň je nutné si uvedomiť, že takýto cyklus nie je v systéme alebo infraštruktúre jeden a taktiež môže vzniknúť niekoľko paralelných cyklov pričom každý môže mať počiatok v inom uzle. Je dobré myslieť na to, že jednotlivé cykly môžu na seba vplývať, napríklad jedno protiopatrenie môže postihnúť viacero útočníkov využívajúcich rôzne hrozby.

1.2 Ciele sieťovej bezpečnosti

Bezpečnosť počítačovej siete, tak ako aj iných podoblastí kybernetickej bezpečnosti je založená na troch základných princípoch známych ako *confidentiality, integrity, availability* – *dôvernosť, integrita, dostupnosť* (CIA). Bezpečnosť musí pokryť všetky tri aspekty popísané týmto modelom, pričom narušenie čo i len jednej zložky má za následok nesplnenie celkového zabezpečenia [3].

1.2.1 Triáda CIA

Triáda CIA pozostáva z nasledujúcich častí [2]:

- Confidentiality (Dôvernosť) – zabránenie prístupu k dátam alebo informáciám neoprávneným osobám. Na zaistenie tejto požiadavky sa najčastejšie používa šifrovanie, ale aj autentifikácia a autorizácia. Jej strata vedie k neoprávnenému zverejnenie informácií.
- Integrity (Integrita) – dáta alebo informácie sú zabezpečené proti neautorizovanej modifikácií a poškodeniu. Týmto zaisťujem konzistenciu dát pri prenose alebo uchovaní na médiu. Integritu zaisťujeme hašovacími funkciami prípadne za pomoci *Access Control List – zoznam pre riadenie prístupu* (ACL).
- Availability (Dostupnosť) – dáta alebo informácie sú dostupné iba pre určité entity v daný čas a miesto.

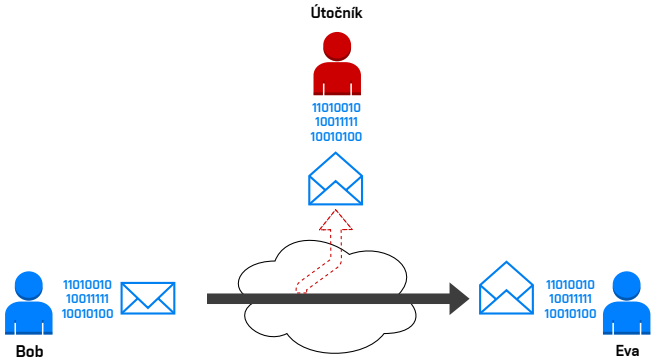
Obr. 1.2: Triáda dôvernosť, integrita a dostupnosť demonštrujúca potrebu všetkých troch prvkov na zaistenie bezpečnosti [3].

Aj keď triáda CIA definuje ciele na zaistenie bezpečnosti, tak niektorí odborníci ju nepovažujú za dostatočnú a zavádzajú ďalšie dve podmienky a pojmy [4]:

- Authencity (Autenticita) – overenie originál, platnosti správy a identity jej pôvodcovi. Najčastejšie sa na zaistenie tejto podmienky využívajú certifikáty.
- Accountability (Sledovateľnosť) – identifikácia prístupu k informáciám a vysledovateľnosť bezpečnostných incidentov v prípade využitia forenznej analýzy. Väčšinou je táto požiadavka zaistená záznamom činnosti v systéme formou logu.

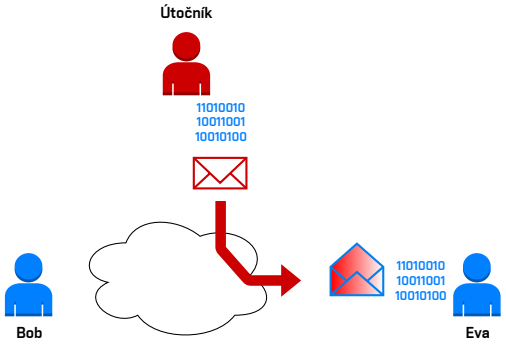
1.3 Pasívne a aktívne útoky

Útoky na bezpečnosť môžu byť rozdelené do dvoch skupín [3]. Jednou skupinou je pasívny útok, kde útočník nepozmeňuje pôvodné dáta a nevplýva na príjemcu týchto dát. Druhou možnosťou je aktívny útok, pri ktorom sú buď pozmenené dáta doručené príjemcovi alebo je obeť nejakým spôsobom ovplyvňovaná, napríklad zasielaním falošných informácií.

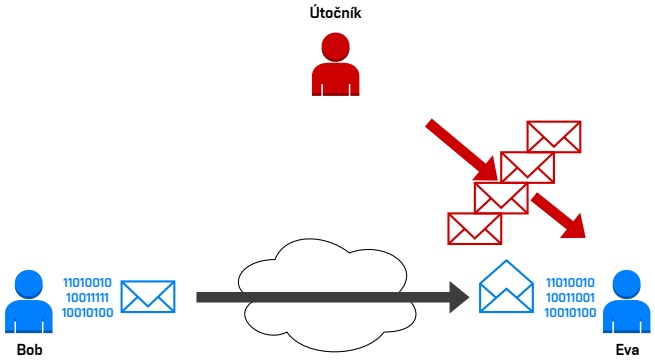


Obr. 1.3: Príklad pasívneho útok, pri ktorom útočník odpočúva komunikáciu medzi dvoma uzlami [4].

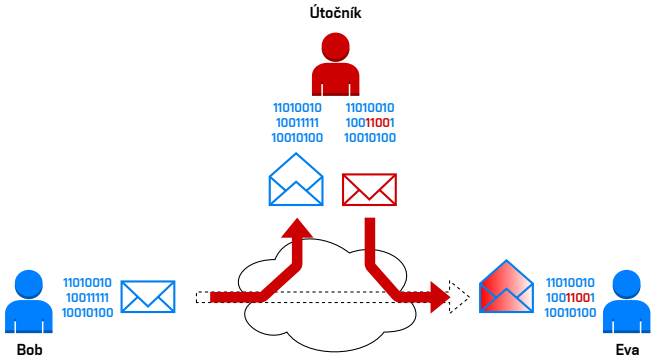
Pri pasívnom útoku, ktorý je znázornený na obrázku 1.3 ide útočníkovi prevažne o zachytenie prenášanej komunikácie, monitorovanie a analýzu prevádzky. Odposluch a zobrazenie obsahu dát je účinné hlavne pri nepoužití šifrovania správ medzi koncovými bodmi alebo aj pri použití slabých šifier, krátkych kľúčov a nedostatočne bezpečných hesiel. Monitorovanie prevádzky, respektíve analýza komunikácie je možná aj pri použití šifrovania, keďže každá komunikácia je charakteristická určitým vzorom. Pasívne útoky je nesmierne obtiažne detegovať nakoľko nemodifikujú dáta pri prenose. Najúčinnejšia obrana je použitie dostatočne silných šifier na zabezpečenie dát. Jeden z pasívnych útokov sa hojne využíva aj pri prevencii v *Intrusion Detection System – systém detekcie narušenia* (IDS) a *Intrusion Prevention System – systém prevencie prienikov* (IPS), kde bez analýzy prevádzky by nebolo možné zabezpečiť sieť. Pasívnymi útokmi sa nespôsobuje škoda na systéme alebo infraštruktúre, ale hrozba spočíva v narušení dôvernosti.



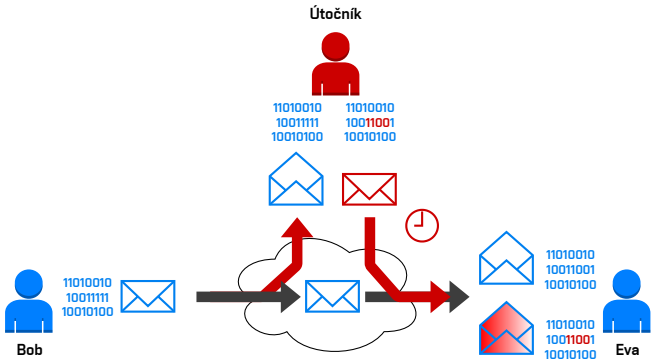
Obr. 1.4: Príklad aktívneho útoku maškarádou, kedy uzol Eva obdrží falošnú správu od útočníka mysliac si, že ide o správu od uzla Bob [4].



Obr. 1.5: Príklad aktívneho útoku DOS, pri ktorom je uzol Eva zahltený nevyžiadanými správami (označené červeno) [4].



Obr. 1.6: Príklad aktívneho útoku modifikáciou správy, pri ktorom je originálna správa presmerovaná cez útočníka, následne pozmenená a prijatá uzlom Eva, ktorý ju považuje za legitímnu [4].



Obr. 1.7: Príklad aktívneho útoku prehratím, pri ktorom príde uzlu Eva legitímna správa (označená modro) a následne po určitom čase aj odchytená správa od útočníka, ktorá je pozmenená (označená červeno) [4].

Aktívne útoky sú sofistikovanejšie ako pasívne, modifikujú dáta alebo vytvárajú falošné, o ktorých prijímateľ predpokladá, že prišli od zdroja, s ktorým pôvodne komunikoval. Hrozby, ktoré môžu týmito útokmi nastať sú strata integrity, teda modifikácia dát a ohrozenie dostupnosti pričom vždy dochádza ku škode na systéme alebo infraštruktúre. Maškaráda je prvým z aktívnych útokov, kde ako je možné vidieť na obrázku 1.4, útočník vytvára falošnú správu, ktorú zasiela obeti a tá sa domnieva, že komunikuje s pôvodným zdrojom, v našom prípade Bobom. Použitím osobných certifikátov na oboch stranách by bolo možné odhaliť, že správa nepochádza od zdroja, ale od útočníka. Príkladom aktívneho útoku je aj útok odoprenia služby 1.5, kde sa vytvárajú falošné dáta generované vysokou frekvenciou (v obrázku značené červenou farbou), za účelom odstaviť systém alebo infraštruktúru, ktorá nezvláda spracovanie toľkých požiadaviek, keďže nebola na takúto záťaž dimenzovaná. Tretím aktívnym útokom 1.6 je modifikácia správy útočníkom pri prechode komunikačným kanálom, ktorý sa realizuje rôznymi technikami podvrhnutia zdroja alebo identity. Komunikácia v tomto prípade prebieha cez útočníka, ktorý tento útok mohol uskutočniť napríklad podvrhnutím smerovania. Posledným útokom je útok prehratím 1.7, čo je útok veľmi podobný predchádzajúcemu, akurát obeť obdrží najprv pôvodnú nepozmenenú správu a následne po určitom čase aj modifikovanú správu od útočníka. Takéto správy môžu byť generované aj ako nežiadúca sieťová prevádzka pri zahltení prvkov alebo pri zlom nastavení smerovania. Citlivé sú najmä transakčné systémy napríklad databáze. Zabrániť tomuto útoku je možné pomocou časových pečiatok a jednoznačných identifikátorov.

2 Bezpečnostný audit

Audit je veľmi dôležitým prvkom správy informačných systémov a infraštruktúry, pretože umožňuje zaistiť bezpečnosť týchto informačných aktív porovnávaním s vytvorenými štandardmi, odporúčaniami a predpismi. Zaoberá sa otázkami čo a ako zabezpečiť, vyhodnocovaním a riadením rizík a následným dokazovaním, že náprava znížila riziko hrozby.

Audit sa skladá z piatich pilierov [5]:

1. Posúdenie
2. Prevencia
3. Detekcia
4. Reakcia
5. Zotavenie

Pri posudzovaní si je potreba klásť otázky či sú prístupové práva dostatočne špecifikované, aká je pravdepodobnosť útoku na zraniteľnosť a podobne. Prevencia nespočíva iba v technológiách ako firewall prípadne IDS a IPS, ale aj v politikách, procesoch a povedomí o probléme. Detekcia a reakcia spolu úzko súvisia a je potrebné skrátiť dobu medzi týmito dvoma bodmi. Bez dôkladnej detekcie nie je možné vykonať reakciu. Mnohé reakcie na detekciu problému sú už rôznymi technológiami implementované automatizovane. Posledný článkom je zotavenie, ktoré je dôležité pri službách vysokej dostupnosti. Výborným príkladom detekcie, reakcie a zotavenia z problému sú protokoly z rodiny *First Hop Redundancy Protocol* (FHRP).

Proces auditu pozostáva z niekoľkých fáz: [5]

1. Plánovanie – stanovenie cieľov a predmetu auditu. Definuje sa rozsah, teda čo všetko je v pláne auditom pokryť.
2. Výskum – vytváranie auditného plánu na základe štandardov a odporúčaní a špeciálnych expertíz. Kontaktujú sa tiež dotknuté strany, ktoré nám môžu byť nápomocné pri plnení cieľov.
3. Zbieranie dát – vyžiadanie potrebných podkladov a dát na vykonanie auditu, zozbieranie dôkazov. V tejto fáze sa tiež vyberajú rôzne softvérové nástroje na vykonanie auditu a vytvorí sa kontrolný zoznam na základe auditného plánu a zozbieraných dôkazov.
4. Analýza dát – posúdenie všetkých dôkazových dát pomocou kontrolného zoznamu a softvéru na podporu auditu. Na základe nájdených nedostatkov sa vytvoria odporúčania, ktoré by mali znížiť riziká hrozieb.
5. Vytváranie správy – súpis nájdených nedostatkov, možných riešení na zníženie rizík do auditnej správy a prezentácia tejto správy dotknutým stranám.

6. Aplikácia opatrení – nasadenie a použitie protiopatrení prezentovaných alebo vyplývajúcich z auditnej správy. Následne sa môže vykonať monitorovanie a hlásenie o úspešnosti zmien.

Typy auditov podľa zistení, hĺbky a rozsahu auditu:

- Bezpečnostná kontrola – je najzákladnejšia forma analýzy bezpečnosti, na základe ktorej sa následne formujú ďalšie aktivity na zaistenie bezpečnosti. Do tejto kategórie spadajú automatizované nástroje na skenovanie zraniteľností a penetračné nástroje, ktoré generujú zoznam potenciálnych zraniteľností. Výsledky je potrebné podrobnejšie preskúmať a stanoviť si, ako sa k ním zachovať. Patria sem nástroje ako napríklad Nmap, Nessus a podobne. Za bezpečnostnú kontrolu možno považovať preskúmanie politík alebo architektúry daného systému a infraštruktúry. Dá sa povedať, že ide o akýsi rýchly náhľad na bezpečnosť, ktorého výstupom je poznanie a identifikovanie problému.
- Hodnotenie bezpečnosti – je ďalším stupňom, pričom ide o podrobnejší pohľad na problém z profesionálnejšieho hľadiska. Kvalifikuje sa riziko k jednotlivým zisteniam a stanovuje sa relevantnosť a kritickosť týchto zistení na konkrétnu organizáciu a prípad použitia.
- Bezpečnostný audit – je štandardizovanou a najdôkladnejšou formou posúdenia bezpečnosti. Bezpečnosť sa porovnáva so štandardmi alebo benchmarkmi, v niektorých prípadoch aj s predpismi dohliadajúcich orgánov. Výsledkom je posúdenie, na koľko je organizácia alebo skúmaný objekt v zhode s porovnávaným štandardom. Typickým príkladom štandardov sú ISO27001, ITIL, COBIT.

2.1 Manažment rizík

Manažment rizík je proces pozostávajúci z analýzy rizík a riadenia rizík [2]. Dôležitým faktom je, že riziko nie je možné eliminovať, ale ho iba znížiť.

Pri analýze rizík zisťujeme, aké riziká existujú, ako medzi sebou súvisia a aké škody môžu spôsobiť. Analýza rizík môže byť vykonávaná kvalitatívne a kvantitatívne.

Štandard NIST SP 800-30 [6] definuje nasledujúce kroky pri analýze rizík:

1. Identifikácia informačných aktív a ich význam
2. Identifikácia hrozieb
3. Identifikácia zraniteľností
4. Analýza riadenia a kontroly
5. Zistenie pravdepodobnosti
6. Identifikovanie dopadu
7. Definovanie rizika ako súčinu pravdepodobnosti a dopadu
8. Odporúčanie na zavedenie riadenia a kontroly na zníženie rizika
9. Zdokumentovanie výsledkov

Riadenie rizík má za úlohu minimalizáciu potenciálnych škôd odhalených pri analýze rizík s ohľadom na vyváženie nákladov na riadenie rizika.

Prístupy k nájdenému riziku [3][2][5]:

- Vyhnutie sa riziku – je uplatnené ak prítomnosť a funkčnosť informačného aktíva nestojí za podstúpenie rizika, a teda toto aktívum vôbec nepoužijeme. Napríklad vypnutie menej bezpečných a nevyužívaných sieťových služieb.
- Zníženie – aplikovanie protiopatrenia na odstránenie hrozby alebo zraniteľnosti, prípadne zníženie pravdepodobnosti rizika. Nikdy nie je však možné riziko eliminovať. Príkladom môže byť obmedzenie prístupu k sieťovému prvku.
- Akceptovanie – v prípade neexistujúceho protiopatrenia alebo veľmi nízkeho rizika. Častokrát ide o bezpečnostnú chybu softvéru v službe, ktorú využívame a nie je možné ju vypnúť ani aplikovať protiopatrenie.
- Presun – riziko je možné presunúť na inú organizáciu, napr. poistenie v prípade škody spôsobenej nedostatočným zabezpečením.
- Ignorácia – úplné vypustenie faktu, že dochádza k riziku, tento prístup sa považuje za iracionálny.

Na ohodnotenie rizika slúžia rôzne systémy hodnotenia, jedným z nich je *Common Vulnerability Scoring System* (CVSS), ktorý definuje riziká podľa definovaných metrík na základe dosiahnutého skóre do nasledujúcich tried:

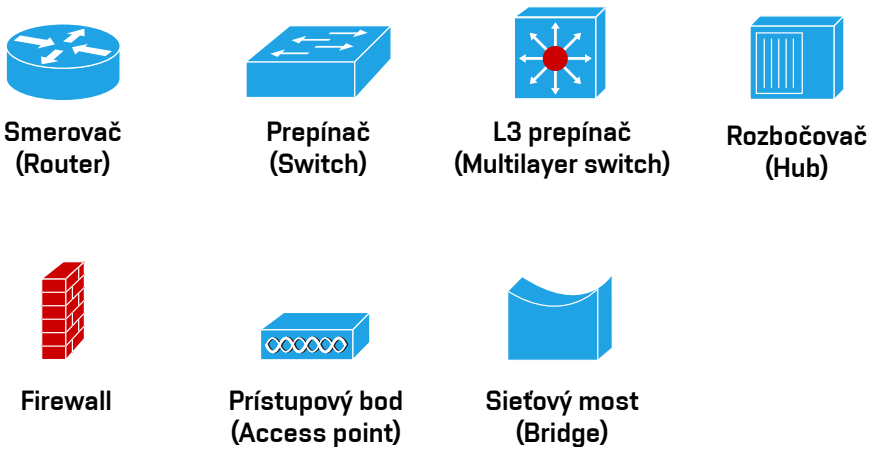
- 0: No issue
- 0,1 – 3,9: Low
- 4,0 – 6,9: Medium
- 7,0 – 8,9: High
- 9,0 – 10,0: Critical

3 Prevádzka a bezpečnosť sietí

Prevádzka sieťových zariadení je proces nielen o monitorovaní incidentov, zabezpečovaní konzistencie a konvergencie siete, ale aj o aktualizáciách softvéru a hardvéru, aplikovaní bezpečnostných zásad a politík. Táto kapitola preto opisuje jednotlivé aspekty s ktorými sa pri prevádzke siete môžeme stretnúť.

3.1 Sieťové prvky

Medzi základné stavebné piliere sietí, bez ktorých nie je možná komunikácia koncových staníc patria smerovače (router) a prepínače (switch). Mimo týchto dvoch základných zariadení sa v *Local Area Network* (LAN) sieťach často vyskytujú prístupové body (access point), firewally, sieťové mosty (bridge) a v dnes už ojedinelých prípadoch ešte aj rozbočovače (hub). V súčasnosti však jedno zariadenie môže kombinovať funkcie zariadení, ktoré majú podľa modelov TCP/IP alebo ISO/OSI na starosti inú vrstvu modelu. Preto sa dnes hlavne z finančných dôvodov používajú takzvané L3 prepínače, ktoré s určitými obmedzeniami vedia nahradiť nákladné smerovače. Taktiež smerovače ako aj L3 prepínače umožňujú filtrovanie paketov, takže vedia čiastočne zastať aj základné funkcie firewallu. Značky najpoužívanejších sieťových zariadení sú vyobrazené na obrázku 3.1 a budú používané v nasledujúcich kapitolách.



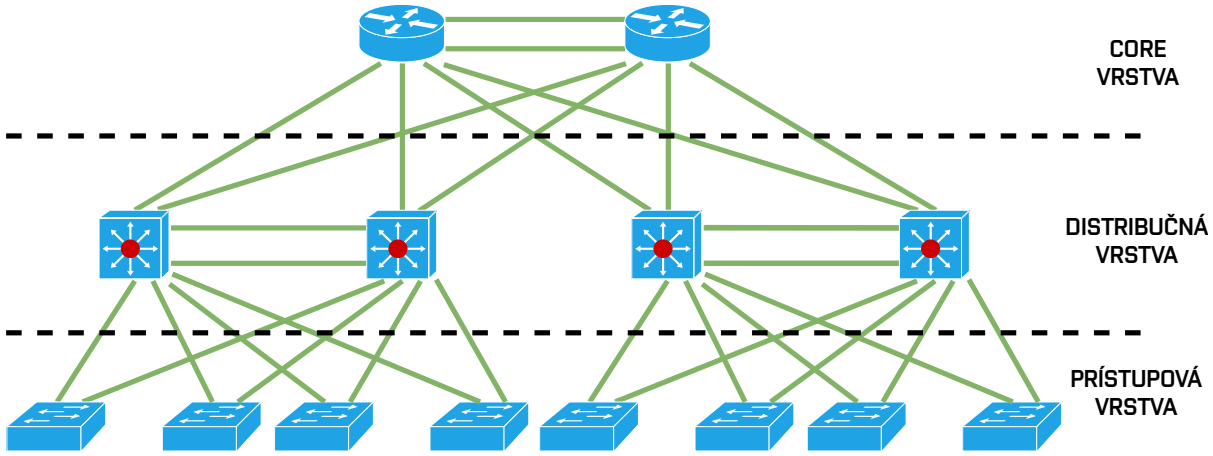
Obr. 3.1: Typy sieťových zariadení v lokálnych sieťach

3.2 Hierarchický model sietí

S postupným nárastom sieťových zariadení a komplexnosti siete dochádza v sieťach bez hierarchie k mnohým problémom ako veľké broadcast domény, vysoká cena za port, vysoké zaťaženia zariadení, neprítomnosť redundancie. Preto sa zaviedol hierarchický model siete, ktorý rieši problémy veľkosti a rozsahu broadcast a kolíznych domén, umožňuje efektívne prideľovanie *Internet Protocol* (IP) / *Internet Protocol version 6* (IPv6) adries a oddeľuje zariadenia pracujúce na jednotlivých vrstvách ISO/OSI.

Siete sú spravidla delené do 3 vrstiev s definovanými funkciami [7]:

- Core – tvorí vysokorýchlostnú chrbticu siete, agreguje dáta z distribučnej vrstvy a mala by byť redundantná. Nároky na rýchlosť portov a výkon zariadenia sú obzvlášť vysoké, a preto sa využívajú prevažne smerovače, ale taktiež ako v distribučnej vrstve dnes už aj L3 prepínače.
- Distribučná (Distribution) – agreguje dáta z prístupovej vrstvy, vytvára a oddeľuje broadcast domény, riadi smerovanie medzi *Virtual LAN* (VLAN) a filtrovanie paketov. Táto vrstva kvôli zabezpečeniu dostupnosti využíva agregovanie a redundanciu liniek. Typicky sa skladá zo smerovačov, no v dnešnej dobe hlavne z L3 prepínačov, keďže tie nie sú finančne také náročné.
- Prístupová (Access) – vstupný bod do siete, ktorý riadi prístup a politiku pre koncové zariadenia, segmentuje sieť, vytvára a separuje kolízne domény. V neposlednej rade zariaďujú prístup k distribučnej vrstve. Je tvorená zariadeniami ako prepínač, rozbočovač alebo prístupový bod.



Obr. 3.2: Hierarchické rozdelenie siete na vrstvy

V menších sieťach prevažne malých firiem sa využíva zlučovanie vrstiev nazývaných ako collapsed core, ktoré zlučujú distribučnú a core vrstvu, prípadne zlučujú všetky tri vrstvy dokopy.

Cieľom hierarchického modelu a dobre navrhnutej siete je dosiahnutie nasledujúcich vlastností:

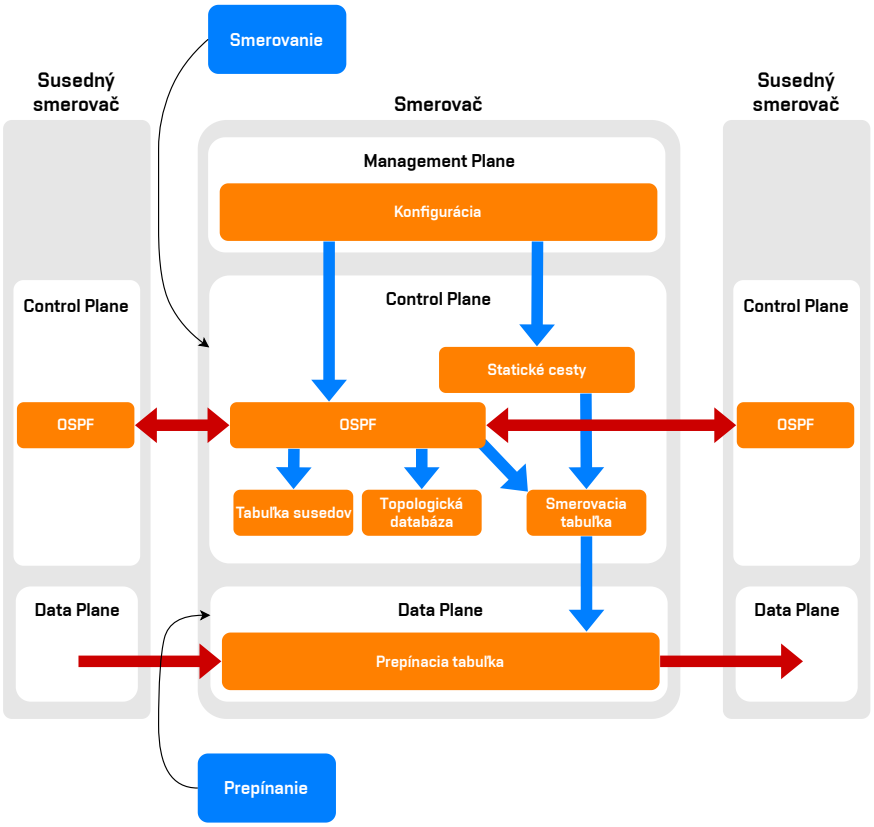
- Škálovateľnosť – jednoduché a bezproblémové pridanie zariadenia pri raste a rozširovaní siete.
- Redundancia – zabezpečenie vysokej dostupnosti viacnásobnými linkami medzi zariadeniami a zálohovanie samotných zariadení ich redundanciou.
- Výkonnosť – agregovanie liniek a výber dostatočne výkonných zariadení.
- Bezpečnosť – zabezpečenie siete na viacerých úrovniach ako napríklad portoch, oddelením segmentov pomocou VLAN, riadením prístupu, šifrovaním a pod.
- Manažovateľnosť – vytvorenie šablón, definovaných štandardov a pravidiel na zaistenie konzistentnosti konfigurácií zariadení na jednoduchšie odhaľovanie chýb.
- Udržovateľnosť – schopnosť systému prechádzať zmenami komponentov, služieb a vlastností.

3.3 Funkčné roviny sieťových prvkov

Sieťové prvky sú zodpovedné nielen za preposielanie dát medzi koncovými stanicami, ale aj za mnohé riadiace dáta medzi sebou, bez ktorých by sieť nebola funkčná. Preto sa jednotlivé protokoly a služby rozdeľujú troch rovín (plane), a to management, control a data plane. Tieto pojmy sa využívajú vo väčšej miere v softvérovo definovaných sieťach, no sú platné aj v klasickej koncepcii.

Rovina management je zodpovedná za konfiguráciu a správu zariadení a riadenie prístupu ku konfiguráciám. Typickými príkladmi protokolov pracujúcich v tejto rovine sú *Simple Network Management Protocol* (SNMP), *Authentication Authorization Accounting* (AAA), Syslog, *Secure Shel* (SSH) a mnohé ďalšie [8]. Druhá rovina, control plane má na starosti prevažne riadenie siete a smerovanie. Zaoberá sa otázkou kadiaľ budú pakety smerované a prenáša riadiace a signalizačné informácie pre protokoly ako napríklad, *Open Shortest Path First* (OSPF), Spanning tree, FHRP [8]. Poslednou rovina je data plane nazývaná často aj forwarding plane, ktorá prepína pakety na daný port na základe rozhodnutia z control plane. Táto časť sieťových prvkov musí byť veľmi rýchla, aby zaistila nízku odozvu a dostatočne vysoké prenosové rýchlosti. Nižšie uvedený obrázok 3.3 reflektuje tok dát z jednej roviny do druhej a tiež medzi dvoma susednými zariadeniami. Rovina management plane je zodpovedná za konfiguráciu zariadenia a nastavuje rovinu control plane,

v tomto prípade smerovanie zariadení. Po výmene informácií so susednými smerovačmi sa vytvoria príslušné tabuľky a nakoniec smerovacia tabuľka, ktorá sa využíva pri rozhodovaní prepínania paketov v rovine data plane.



Obr. 3.3: Rozdelenie rovín v smerovači, tok informácií v jeho vnútri a medzi susednými smerovačmi [9].

3.4 Prevádzkové a bezpečnostné postupy

3.4.1 Riadenie a zneužitie prístupu k manažmentu zariadenia

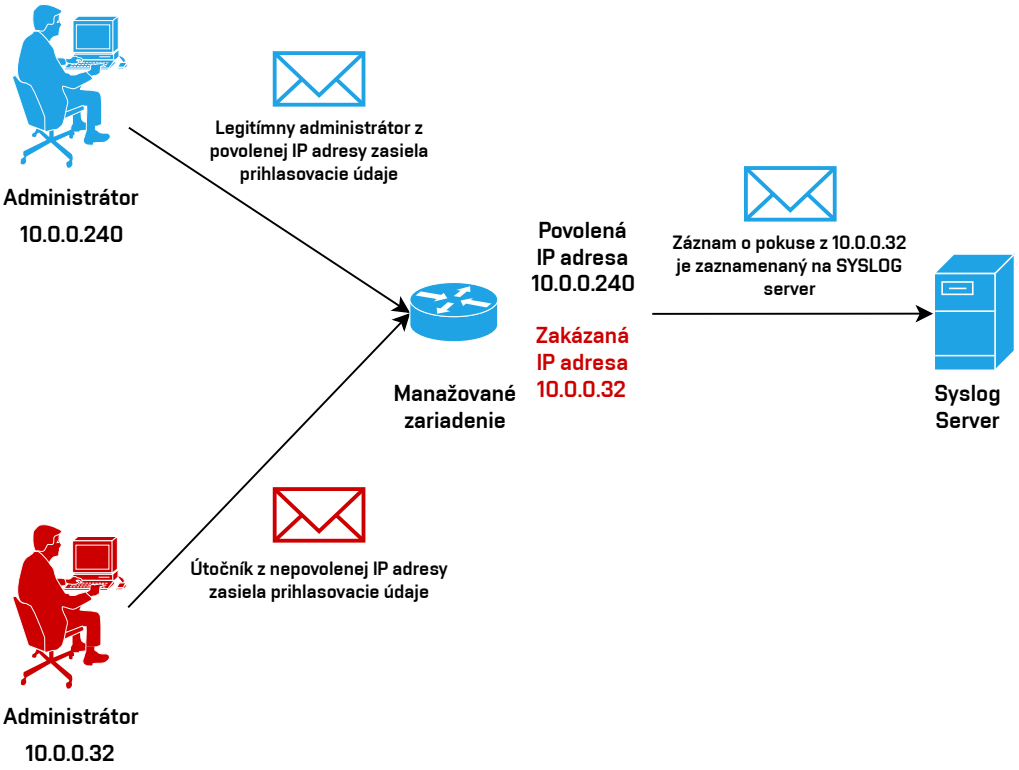
Kritickým miestom často absentujúcim zabezpečenie je prístup ku konfiguráciám zariadení. Typickým príkladom je využitie protokolu Telnet, ktorý nešifruje spojenie a je teda ľahko odpočúvateľný. Preto sa odporúča využívať protokol SSH, naviac je dobré využiť bezpečnú verziu 2 s rozumnou dĺžkou kľúča odpovedajúcou aktuálnym odporúčaniam [10][11]. Jedným z opatrení na zabezpečenie SSH prístupu je zmena portu, na ktorom obvykle počúva z dôvodu, že útočník skúša periodicky útoky hrubou silou na *Transmission Control Protocol* (TCP) port 22. Alternatívou na zabezpečenie SSH prístupu môže byť port knocking, ktorý na základe autorizácie dynamicky povolí záznam v ACL k portu, na ktorom počúva SSH.

Pri pokusoch o prihlásenie sa často využíva hádanie hesiel, preto je dobré určiť maximálny počet neúspešných pokusov a definovať čas, po ktorý bude prihlásenie zablokované.

Riadenie prístupu k manažmentu zariadení by malo byť výhradne z obmedzeného rozsahu staníc administrátorov, na to poslúžia obmedzenia pomocou ACL, aby neprišlo k nechcenému prihláseniu alebo útoku (D)DoS z nechcených klientský staníc. Je tiež dobré zaznamenávať neúspešné ale aj úspešné prihlásenia do manažmentu zariadenia.

V prípade konfigurácie viacerými administrátormi naraz môže vzniknúť konflikt, a preto je dobré zabezpečiť, aby v jednom okamihu mohol zmeny vykonávať iba jeden administrátor. Problémom môžu byť aj dlhé aktívne pripojenie k manažmentu zariadenia, ktoré môže byť zneužité pri odblokovanom počítači administrátora.

Pri pokuse o prihlásenie alebo zmene nastavení je dobré informovať oznámením alebo správou potenciálneho útočníka s následkami, ktoré mu hrozia v prípade zneužitia zariadenia [10].

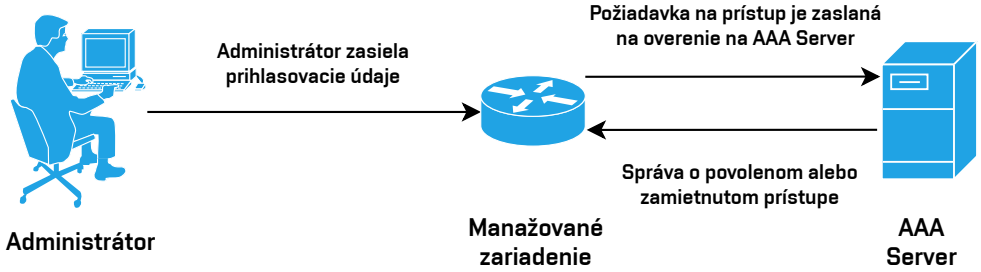


Obr. 3.4: Prihlasovanie k manažmentu zariadenia z povolených IP adries a logovanie pokusov z nepovolených IP adries.

Ďalšou obranou proti nechcenému prístupu na sieťové prvky je vytvorenie lokálnych účtov, ktoré budú použité na prihlasovanie a pri zmenách konfigurácie. Bez znalosti kombinácií mena a hesla by nemalo byť umožnené zmeniť nastavenia zariadenia.

Riadenie prístupu pomocou AAA

Najlepším riešením pre riadenie prístupu k manažmentu zariadenia a účtovaniu sú protokoly spadajúce do skupiny AAA. Patria sem protokoly `Radius`, `TACACS+` alebo `Kerberos`. Tieto protokoly umožňujú okrem riadenia prihlásení administrátorov taktiež špecifikovať príkazy konfigurácie, ktoré budú jednotlivcom povolené a tiež zaznamenávať zmeny jednotlivých administrátorov v konfigurácií, ktoré učinili a naviac aj kedy boli na zariadení prihlásení. Zároveň je treba určiť aj mechanizmus prihlásenia pri výpadku autentifikačného serveru, teda napríklad nejaké záložné lokálne konto.



Obr. 3.5: Overenie prihlásenia k manažmentu zariadenia pomocou AAA serveru.

3.4.2 Filtrovanie prevádzky

Filtrovanie prevádzky môže prebiehať pomocou ACL, teda súborom pravidiel na vrstve L3 a L4, ktoré povoľujú alebo zakazujú komunikáciu. Jedným z dobrých praktík je filtrovať pakety so zdrojovou adresou privátnych alebo špeciálnych adries v smere do vnútornej siete z internetu [5]. Rozsahy týchto IP adries sú definované v RFC 6890 [12] a v RFC 8190 [13]. Administrátori často zabúdajú pri implementácií IPv6, že aj tento protokol má špeciálne adresy, ktoré nemôžu byť zdrojové. Špeciálne IPv6 adresy sú definované v RFC 5156 [14] a aj vo vyššie spomenutých RFC. V prípade použitia týchto špeciálnych adries ako zdrojových sa jedná o útok typu IP Spoofing.

IP Options

Protokol IPv4 umožňuje pomocou poľa Options vynútenie smerovania na základe zdrojovej adresy a definovanie cesty paketu, ale aj mnohé iné funkcionality. Toto pole

nie je však používané a odporúča sa zahadzovať pakety obsahujúce pole Options [8]. Jedným z dôvodov je preťaženie smerovača, keďže každý paket sa musí spracovávať v procesore a nemôže byť akcelerovaný v špeciálnych obvodoch a tým urýchlené jeho preposlanie.

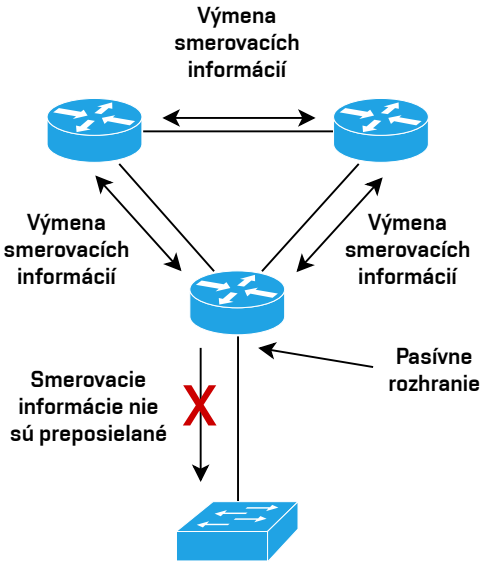
IPv6 rozšírené hlavičky

Protokol IPv6 nemá pole Options, ale tzv. Next Header. Problémom s rozšírenou hlavičkou sa zaoberá v článkoch Martin Grégr a Tomáš Podermański [15][16]. V tomto poli môže byť definovaný protokol vyššej vrstvy, napríklad TCP, ale aj rozšírená hlavička, preto má smerovač problém často rozpoznať, ktoré z týchto dvoch sa nachádza v políčku a ako sa má zachovať, teda či ide o rozšírenú hlavičku alebo nový protokol. To čo nastane s paketom a ako sa zariadenie zachová, závisí od implementácie softvéru v smerovači. Ten sa môže reštartovať, hlavičku preskočiť, zahodiť paket alebo na základe nesprávneho spracovania preskočiť pravidlo zahodenia paketu. Z týchto dôvodov a hlavne preskočením filtrácie sú rozširujúce hlavičky nebezpečné. Administrátor sa môže k ním stavať viacerými spôsobmi, a to zahodením každého paketu s rozširujúcou hlavičkou, zahodenie paketu s neznámou hlavičkou alebo ignorovanie tohto problému. Keďže niektoré rozširujúce hlavičky sú potrebné a používané, tak je dobrou zásadou odfiltrovať práve tie, ktoré zariadenie nevie rozpoznať. V súvislosti s rozšírenými hlavičkami sa zneužíva aj fragmentácia, a to takým spôsobom, že paket sa rozdelí na malé časti a rozšírená hlavička je až v poslednom fragmentovanom pakete. Predpokladá sa, že zariadenie si nevie znovu poskladať a spracovať takto zreťazenú hlavičku a preto dôjde k obídeniu filtrovacích pravidiel. Touto problematikou sa zaoberá RFC 7112 [17], ktoré definuje, aby rozšírená hlavička bola už v prvom pakete a tým bolo možné rozpoznať o akú rozšírenú hlavičku ide. Plošné zakázanie rozširujúcich hlavičiek nie je dobré, keďže sa využíva aj pre IPSec.

3.4.3 Smerovacie protokoly

Používaním dynamických smerovacích protokolov prichádza sieť o určitú časť bezpečnosti, a to vysielaním informácií o pripojených a naučených sieťach a cestách, ktoré môže útočník odchytávať. K tomu sa ešte môže pridať vloženie falošnej informácie a teda zaistenie smerovania cez útočníka. Našťastie obrana proti týmto útokom existuje, aj keď nie je vždy ideálna. V prípade vloženia informácie alebo cesty do správ, ktoré si vymieňajú dynamické smerovacie protokoly je možnou obranou autentifikácia správ poslaných medzi smerovačmi [2][8][10]. Pri zasielaní sa používa hash hesla, a to sa pri prijatí druhým smerovačom porovná s vopred definovaným. Na obrázku 3.6 je vidno, že informácie dynamického smerovacieho protokolu sú zastavené na pasívnom rozhraní [18], a teda užívatelia alebo útočník nemá možnosť sa

tieto údaje dozvedieť.



Obr. 3.6: Blokovanie správ dynamického smerovacieho protokolu na pasívne rozhranie.

Source Routing

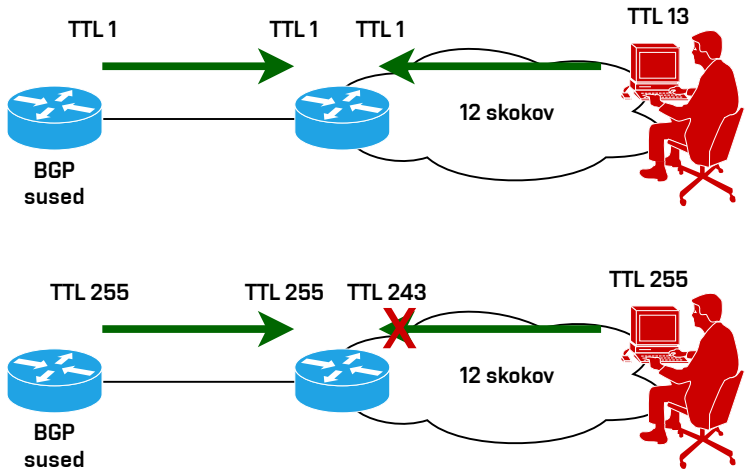
Bezpečnostnou hrozbou môže byť aj smerovanie na základe zdrojové adresy, pri ktorej si zdroj určí cestu, ktorou bude paket prechádzať namiesto aby túto skutočnosť prenechal na rozhodnutí smerovačov po ceste k cieľu [10]. Táto funkcia využíva pole Options, ktoré býva však často ignorované prípadne pakety s týmto polom zahadzované z bezpečnostných dôvodov. Source Routing pozná dva módy, a to Strict a Loose, v prvom prípade musí paket prejsť všetkými definovanými bodmi a žiadnym iným. Naopak mód Loose definuje uzly, ktoré je potreba navštíviť, no zároveň môžu byť navštívené aj iné uzly po ceste.

Unicast reverse path forwarding

Podvrhnutie IP adresy, tzv. IP Spoofing je jedným z útokov, ktorým musia smerovače čeliť. Dá sa mu zbrániť pomocou *Unicast Reverse Path Forwarding* (uRPF) [5], ktorý funguje buď v Strict alebo Loose móde a zisťuje prítomnosť zdrojovej zdrojovej IP adresy. Ako už názov napovedá, tak mód Strict je prísnejší, pretože zahadzuje pakety, ktorej zdrojová adresa sa nenachádza v smerovacej tabuľke a zároveň testuje či zdrojová adresa je dosiahnuteľná cez rozhranie, na ktorom bol paket prijatý. Tento mód je preto nevhodný pri asymetrickom smerovaní. Mód Loose testuje prítomnosť zdrojovej adresy iba v smerovacej tabuľke.

BGP TTL Security

Protokol *Border Gateway Protocol* (BGP) okrem autentifikácie obsahuje aj ďalšiu ochranu, a to *Time To Live* (TTL) security [19]. Pri tomto prístupe sa porovnáva hodnota poľa TTL v pakete, ktorý dorazí do smerovača a známy počet skokov, ktorý sa nakonfiguruje medzi našim smerovačom a zdrojom. Mohlo by sa zdať, že priamo pripojené siete, teda susedné autonómne systémy týmto problémom netrpia, no pole TTL sa dá zmeniť tak, aby po príchode na smerovač obete malo toto pole hodnotu 1, čo je predvolené TTL, ktoré zasiela BGP, viď obrázok 3.7. Z tohto dôvodu sa používa obrátená forma kontroly, a to testovanie voči maximálnej hodnote TTL, čo je hodnota 255. To znamená, že všetky pakety od priamo pripojených BGP susedov budú mať po príchode na náš smerovač hodnotu TTL 255, tie ktoré to nebudú splňovať sú brané ako nelegitímne pakety, viď 3.7. Treba dodať, že v prípade že smerovače nie sú priamo pripojené, tak je možné použiť aj definovanie vzdialenosti medzi smerovačmi, teda počet skokov, aby susedný smerovač dostal BGP správu. Bezpečnejšie je však použiť TTL security, tak že sa od čísla 255 odpočíta počet skokov medzi dvoma autonómnymi systémami a voči tejto hodnote sa bude robiť kontrola.



Obr. 3.7: Porovnanie prístupov TTL security, kde sa v prvom prípade používa implicitná hodnota 1 na porovnanie TTL a v druhom prípade maximálna hodnota TTL [19].

3.4.4 Identifikácia zariadení, pravidiel a nastavení

K lepšej identifikácií je dobrým pravidlom každé sieťové zariadenie vhodne pomenovať kombináciou typu zariadenia, vrstvy hierarchického modelu, na ktorej operuje a prípadne umiestnenia v racku, napríklad `sw01-dist-rack1`. V súvislosti s týmto

nastavením sa často nastavuje aj doména, v ktorej je zariadenie umiestnené. Tieto dve prerekvizity potom umožňujú aj vzdialenú správu zariadenia a prístup cez SSH [10].

Dôležitým prvkom sú komentáre k pravidlám v ACL, ktoré by mali nielen identifikovať, čo presne dané pravidlo povoľuje a zakazuje, ale aj identifikovať požiadavok, na základe ktorého bolo pravidlo vytvorené.

Komentáre s popisom je dobré pridávať aj na rozhrania sieťových zariadení, napríklad s popisom, k akému zariadeniu dané rozhranie vedie. Posledným, ale nemenej dôležitým je pomenovanie VLAN pre ich ľahšiu identifikáciu.

3.4.5 Šifrovanie hesiel

Pri úniku konfigurácií môže dôjsť k odhaleniu hesiel uložených v nich, preto by mali byť v konfiguračnom súbore všetky heslá zahašované pomocou čo najpokročilejších hašovacích funkcií, ktoré dané zariadenie podporuje [10].

3.4.6 Logovanie

Záznam činnosti zariadenia patrí k základným prvkom monitorovania sieťovej infraštruktúry spolu s notifikovaním o vzniknutých incidentoch. Na tieto účely sa používajú prevažne dva protokoly, a to SNMP a Syslog.

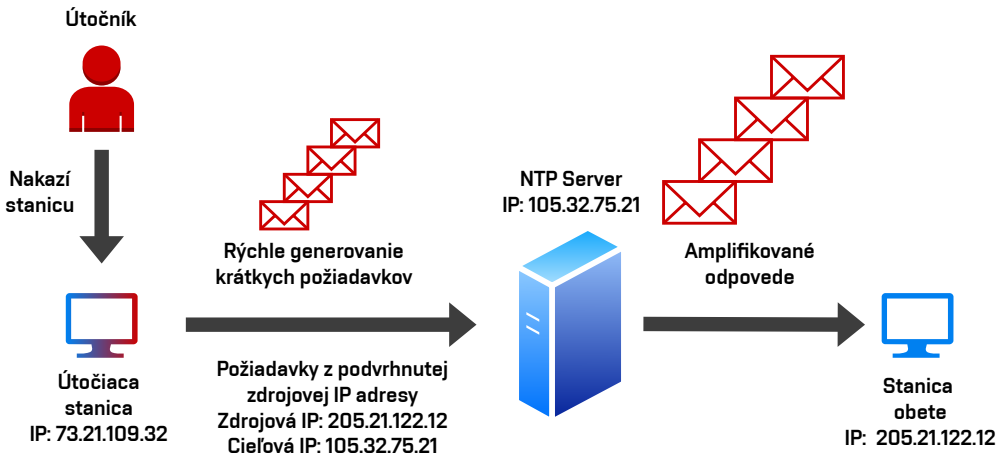
Protokol SNMP využíva buď štandardizovanú databázu MIB, alebo rozšírenú daným výrobcom zariadenia. Jednotlivé monitorované objekty sú v tejto databáze organizované v stromovej štruktúre. V súčasnosti sa využívajú prevažne SNMP verzie 2c a 3. Je vysoko odporúčané využívať verziu 3, ktorá zabezpečuje ako integritu, tak aj dôvernosť a autentifikáciu [10][20]. Protokol SNMP umožňuje pomocou jednotlivých objektov meniť nastavenia zariadení, túto funkciu je však dobré vypnúť a povoliť iba čítanie objektov z presne definovaných IP adries pomocou ACL a asynchrónne správy TRAP.

Druhou možnosťou monitorovania a notifikovania o incidentoch je protokol Syslog. Typicky sa nastavuje Syslog server, ktorý zbiera správy z viacerých zariadení, ktoré môžu byť následne spracovávané špeciálnymi programami a vizualizované v dohľadových centrách. Protokol Syslog pozná 8 úrovní dôležitosti (severity), pričom čím je číslo dôležitosti nižšie, tým ide o závažnejší problém. Pri výpadku Syslog serveru je nutné záznamy ponechať na zariadení a preto mať dostatočné množstvo pamäte [8][21]. V niektorých prípadoch môžu zariadenia vygenerovať väčšie množstvo správ, ktoré majú rovnaký čas a z tohto dôvodu by mali mať jednotlivé správy s rovnakým časom vzniku jednoznačné sekvenčné číslo, aby bolo možné zistiť postupnosť, v akom vznikli incidenty, napríklad zmeny v susedstvách dynamických smerovacích protokoloch.

Veľa útokov mieri práve na protokol SNMP, a preto ho mnohí odporúčajú vypínať [10], na druhej strane protokol Syslog nezabezpečuje žiadnu časť z triády CIA.

3.4.7 Synchronizácia času

Správny a aktuálny čas je dôležitý hlavne pre správne fungovanie certifikátov a protokolu Syslog. V prípade protokolu Syslog zabezpečuje jednoznačnú identifikáciu incidentu v správnom čase a teda lepšiu dohľadatelnosť a určenie vzniku problému. Keďže tento protokol využíva *User Datagram Protocol* (UDP), tak je náchylný na DDoS reflektívne amplifikačné útoky. Tento typ útoku využíva krátku správu zasielanú na NTP server s podvrhnutou zdrojovou IP adresou (IP Spoofing), na ktorú budú zasielané odpovede s oveľa väčšou veľkosťou ako boli pôvodné správy na NTP server. Bohužiaľ obrana proti tomuto typu útoku je veľmi ťažká, poskytovatelia pripojenia k internetu sa s týmto neduhom väčšinou dokážu popasovať [22], v lokálnych sieťach môže pomôcť IP Snooping. Podľa Network Time Foundation [23], aktuálna verzia protokolu 4 nepodporuje šifrovanie správ, no poskytuje akú-takú bezpečnosť pre koncových NTP klientov pomocou MD5, a to autentifikáciu NTP serveru a kontrolu integrity. Naviac protokol nepodporuje žiadnu distribúciu kľúčov. Protokol NTP verzie 4 podporuje aj asymetrickú kryptografiu pomocou Autokey, no podpora tohto riešenia je veľmi slabá [23], jedným z dôvodov je aj náročnosť výpočtov. NTP podporuje sťahovanie správ aj od klientov, toto je výhodné pri prerušení linky ku NTP serveru a na krížovú kontrolu času. Dôležitým nastavením je aj správne časové pásmo, ktoré je dobré zjednotiť naprieč všetkými spravovanými zariadeniami. V prípade roztrúsenia zariadení cez viacero časových pásiem je dobré využívať univerzálny čas UTC. Okrem protokolu NTP existuje niekoľko ďalších protokolov na synchronizáciu času, no sú menej používané. Príkladom je *Precision Time Protocol* (PTP), ktorý je vhodný do lokálnych sietí kvôli vysokej presnosti. Aj napriek problémom a útokom na tento protokol nie je dobrým riešením ho zakázať, pretože aktuálny čas je v diagnostike a monitorovaní nesmierne dôležitý.



Obr. 3.8: Ilustrácia amplifikačného útoku cez nakazený počítač pomocou podvrhnutej IP adresy [22].

3.4.8 Záloha a zabezpečenie konfigurácií

Konfigurácie zariadení a ich záloha sú veľmi dôležitým faktorom, ktorým sa treba zaoberať pri správe infraštruktúry. Pokiaľ sú prítomné aktuálne konfigurácie zariadení, tak pri výpadku hardware je možné ho vymeniť za nový a aplikovať fungujúcu konfiguráciu z poškodeného zariadenia zo zálohy. Zároveň by sa konfigurácia mala dostatočne zabezpečiť proti výmazu zo zariadenia a zálohovaného úložiska a dostatočne zabezpečiť [2]. Zabezpečenie je dôležité, aby nedošlo k úniku konfigurácie k útočníkovi a nepovolaným osobám a následnému zneužitiu. Záloha konfigurácií by sa mala robiť cez zabezpečený kanál najlepšie pomocou protokolov podporujúcich šifrovanie, napríklad *Secure Copy Protocol* (SCP) alebo *Secure File Transfer Protocol* (SFTP) a nie pomocou *Trivial File Transfer Protocol* (TFTP) [8]. Vhodná je aj prítomnosť záznamu zmien v konfigurácií v čase [2].

3.4.9 Správanie pri vysokom zaťažení

V priebehu prevádzky sa môže vyskytnúť kratší alebo aj dlhý časový okamih, kedy je zariadenie vysoko zaťažené a nezvláda spracovávať požiadavky. Toto môže byť spôsobené útokom (D)DOS alebo nedostatočným dimenzovaním a zlou architektúrou siete. Aj napriek tomuto stavu by však malo byť zariadenie schopné odosielať chybové správy a notifikovať o problémoch. Zároveň by mali byť nastavené prahové hodnoty, ktoré budú indikovať stav, že môže dôjsť k nadmernému vyťaženiu procesoru, pamäti alebo linky či už pomocou Syslog správ alebo protokolu SNMP [21][8].

3.4.10 Monitorovanie výkonu siete

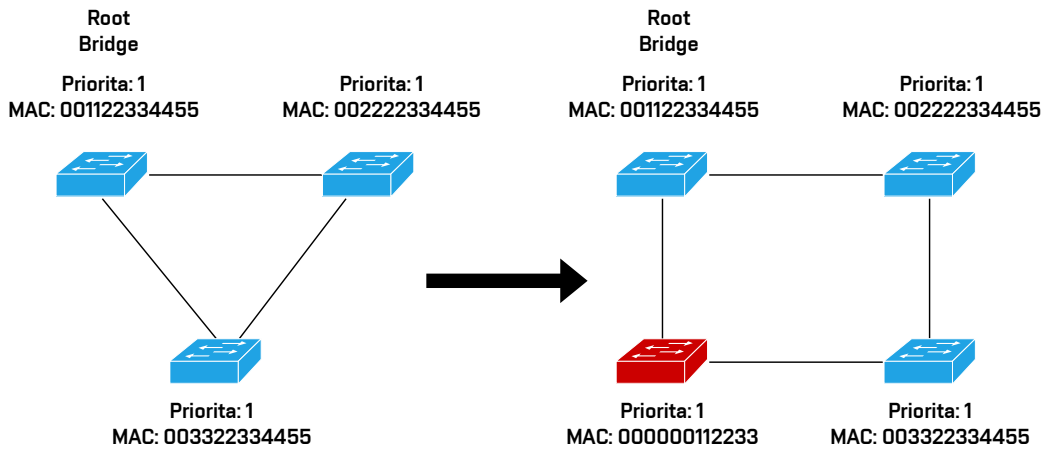
Monitorovanie siete nie je len o chybových a operačných správach zariadení, ale aj o prevádzke, ktorá v sieti prebieha. Toto monitorovanie prevádzky musí byť vykonávané často z legislatívnych dôvodov a aplikuje sa u poskytovateľov pripojenia. Monitorovanie prevádzky sa však vykonáva aj v lokálnych sieťach, napríklad zrkadlením portov [8] na analýzu útokov pre IDS alebo pre štatistické informácie a informácie o zaťažení pomocou protokolov sFlow a NetFlow.

3.4.11 Problémy vrstvy L2

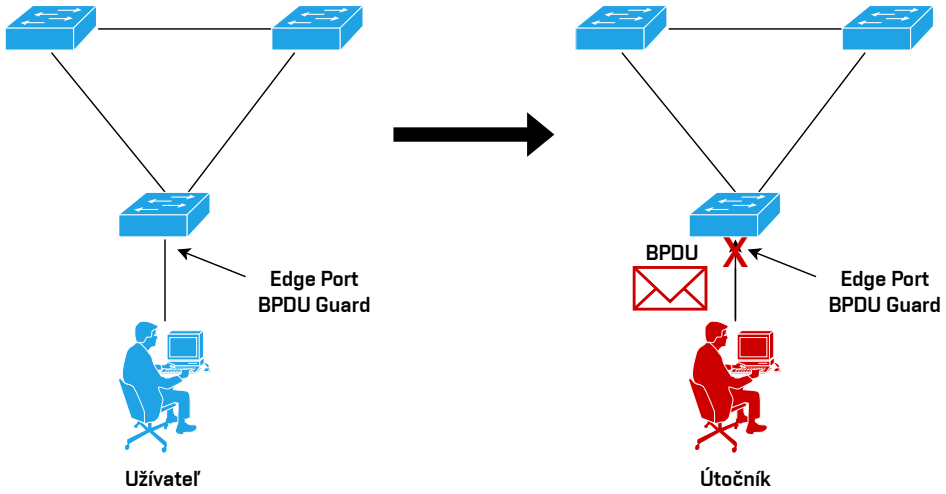
Prístupová vrstva hierarchického modelu alebo vrstva L2 modelu ISO/OSI je časť siete, do ktorej sa pripájajú zväčša koncové zariadenia. Vzniká tu preto mnoho problémov či už bezpečnostných alebo prevádzkových, na ktoré je nutné myslieť.

Spanning Tree Protocol

Protokolom pracujúcim na vrstve L2 je *Spanning Tree Protocol* (STP), zaisťujúci bezslučkovú topológiu aj v prípade cyklického zapojenia prepínačov z dôvodu redundancie [7]. Existuje mnoho implementácií STP protokolu, každé však zabezpečuje logické vypnutie alebo zakázanie portu aj pri existujúcom fyzickom pripojení. Pre urýchlenie výpočtu kostry a konvergencie siete sa vylučujú z výpočtu porty, na ktoré sú pripojené koncové zariadenia a teda nepredpokladá sa na týchto portoch pripojený prepínač. Tento fakt môže na druhej strane spôsobiť slučky v prípade zapojenia prepínača do takéhoto portu. Z tohto dôvodu existuje tzv. BPDU Guard [7], čo je ochrana, kedy pri prijatí rámca s BPDU označeným červeno na obrázku 3.10 na port vyradený z výpočtu kostry grafu je port zablokovaný a neumožňuje preposielať rámce. Ďalšou ochranou je Root Guard [3], ktorý zabraňuje novo pripojeným prepínačom prebrať rolu hlavného prepínača pre danú podsieť alebo VLAN. Jeho úžitok zobrazuje nasledujúci obrázok 3.9, kde po pripojení nedovoleného prepínača označeného červeno nepríde k zvoleniu nového Root Bridge kvôli ochrane Root Guard. Existuje ešte ochrana Loop Guard [3], ktorá zabezpečuje, že pri poruche a jednosmernej komunikácií medzi prepínačmi nedôjde k vytvoreniu slučiek. Táto ochrana je však výhradne u zariadení od spoločnosti Cisco.



Obr. 3.9: Zabránenie prebratia role Root Bridge pomocou Root Guard, kde pri pripojení nedovoleného prepínača (označený červeno) s nižšou MAC adresou nebude prepínač zvolený za Root Bridge.

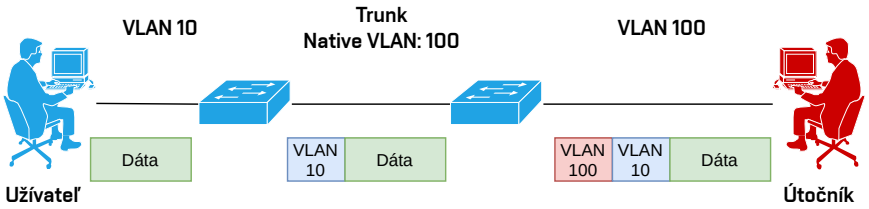


Obr. 3.10: Zabránenie vyhlásenia koncového portu ako portu k prepínáču pomocou BPDU Guard, kde po prijatí rámcu s BPDU (označeným červeno), príde k zablokovaniu portu.

Bezpečnosť VLAN

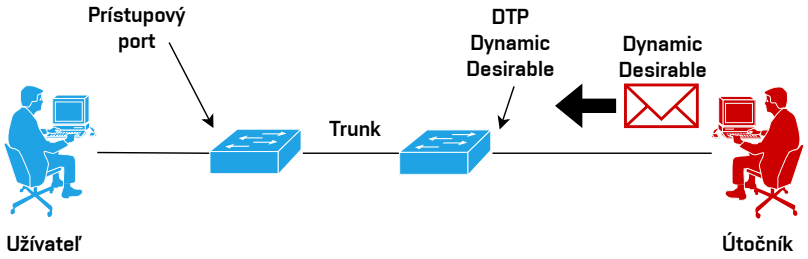
Referenčná príručka bezpečnosti [21] definuje nižšie popísané útoky na vrstve L2 a obranu na ne. V predvolenom stave sú zväčša všetky porty v jednej VLAN, ktorá je implicitne povolená na všetkých trunk portoch respektíve portoch, kadiaľ prechádza tagovaná prevádzka. Preto je dobré všetky aj nepoužívané porty odobrať z predvolenej VLAN a nepripojené porty prideliť nikam nesmerovanej VLAN. Taktiež by

sa predvolená VLAN nemala používať na tagovanú prevádzku, a to aj z dôvodu, že pri zabudnutí odstránenia prístupových portov z predvolenej VLAN môže dôjsť k útokom VLAN Hopping za pomoci Double Tagging. Na tagovaných trunk portoch by mala byť povolená prevádzka iba takých VLAN, ktoré sú potrebné a zakázaná pre VLAN, do ktorej sú umiestnené nevyužívané porty. Útoku Double Tagging sa dá zabrániť špecifikovaním VLAN na prístupových portoch a definovaním separátnej VLAN na tagovaných trunk portoch.



Obr. 3.11: Útok Double tagging, pri ktorom útočník zasiela rámec s dvoma VLAN ID, kde prvé bude odstránené prvým prepínačom, keďže trunk má tagovanú prevádzku na VLAN 100, tak dôjde k preposlaniu rámcu až k obeti [24].

Predstieranie, že koncové zariadenie je prepínač sa dá zneužitím protokolu *Dynamic Trunking Protocol* (DTP) [21]. Pri tomto útoku s názvom Switch Spoofing, prepínač aktívne alebo pasívne čaká na odpoveď, že na druhej strane prístupového portu je prepínač. Ak mu dôjde od koncového zariadenia takáto správa, tak sa prepne pôvodne prístupový port na port typu trunk. Z tohto dôvodu je dobrou zásadou tento protokol nevyužívať a porty konfigurovať ručne ako prístupové alebo trunk.



Obr. 3.12: Útok Switch Spoofing pomocou protokolu DTP, prepínač čaká na správu DTP alebo stav portu trunk, útočník zasiela správu (označenú červeno) žiadajúcu o vytvorenie trunk portu, trunk bude nakoniec vytvorený.

Istou formou zabezpečenia je aj explicitne zakázať, t.j. vypnúť nepoužívané prístupové porty, aby ich nebolo možné zneužiť, keďže často pri neaktívnych portoch

absentujú rôzne bezpečnostné nastavenia, z dôvodu, že pri prvotnom nasadení zariadenia sa nevyužívali.

Proprietárny protokol *Virtual Trunking Protocol* (VTP) a štandardizovaný *Multiple VLAN Registration Protocol* (MVRP) a ich predchodcovia umožňujú distribúciu a synchronizáciu VLAN informácií na skupinu prepínačov [3]. Na jednej strane tieto protokoly uľahčujú administráciu, no pri neopatrnosti môže pri zapojení nového zariadenia do siete prísť k výmazu VLAN informácií na všetkých pôvodných prepínačoch. Preto je dobré tento protokol používať iba pri prvotnom nasadení a vytváraní siete. V prípade nutnosti používania tohto protokolu je dobré zabezpečiť správy posielané medzi prepínačmi, aby nedošlo k ich manipulácií po ceste. Taktiež je v prípade použitie týchto protokolov výhodné zapnúť funkciu pruning, ktorá umožňuje zasielať broadcast iba na tie prepínače, ktoré majú porty v danej VLAN.

3.4.12 First Hop Security

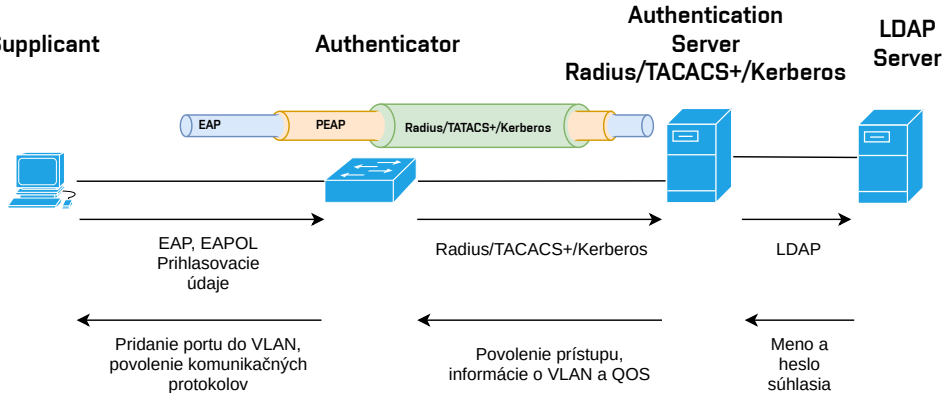
First Hop Security je označenie pre niekoľko prístupov k zabezpečeniu koncových staníc a mitigáciu rôznych zneužití a podvrhnutí. Treba povedať, že protokoly IPv4 a IPv6 sa mierne odlišujú vzhľadom ku rozdielnemu postoju k prideľovaniu adries [25].

Port Security

Prístupové porty, ktoré sa využívajú na pripojenie klientských staníc zväčša absentujú akoukoľvek identifikáciou pripojeného zariadenia. Najjednoduchším spôsobom je definovanie maximálne jednej povolenej MAC adresy na porte. Tento typ obrany naviac zamedzí útoku MAC Flooding, kde dochádza k zaplaveniu portu náhodnými MAC adresami za účelom preťažiť CAM tabuľku prepínača a donútiť ho posielať všetko ako broadcast. Pri prekročení limitu počtu adries na port by mal byť notifikovaný administrátor a port by mal pozastaviť preposielanie rámcov.

Napriek vyššie zmienenému opatreniu, nič nebráni útočníkovi zmeniť MAC adresu na útočiacom zariadení, aby mu bol povolený prístup do lokálnej siete, tento typ zneužitia sa volá MAC Spoofing. Naviac takéto nastavenie zamedzí využívanie prípojky legitímnym užívateľom. Z tohto dôvodu vznikol štandard 802.1x, ktorý definuje akým spôsobom bude užívateľ respektíve koncová stanica na porte autentizovaná [3]. Tento štandard využíva protokoly *Extensible Authentication Protocol* (EAP), *Protected Extensible Authentication Protocol* (PEAP), *Extensible Authentication Protocol over LAN* (EAPoL), RADIUS, TACACS+, Kerberos a definuje tri role pre zariadenia podieľajúce sa na autentifikácií. Prvým typom zariadenia

je Supplicant, čo je koncové zariadenie, ktoré zasiela prístupové údaje na zariadenie Authenticator, ktorým je zväčša prepínač. Na porte prepínača, na ktorý je pripojený Supplicant sú bez overenia povolené len protokoly EAP, EAPOL prípadne CDP/LLDP a je umiestnený do izolovanej VLAN. Po úspešnom overení pomocou autentifikačného serveru, ktorý porovná preposlané prihlasovacie údaje od prepínača s autentifikačným serverom, budú na porte povolené všetky potrebné protokoly a koncové zariadenie bude v náležitej VLAN. Nižšie uvedený zjednodušený obrázok 3.13 ilustruje komunikáciu koncovej stanice s prepínačom a autentifikačným serverom.



Obr. 3.13: Zjednodušená komunikácia koncovej stanice s prepínačom, ktorý preposiela prihlasovacie údaje serveru na overenie na následné povolenie komunikácie na porte [3].

DHCP Snooping

Protokol IPv4 využíva centralizované prideľovanie IP adries za pomoci DHCP serveru. Výhodou je, že všetky pridelené adresy sú dostupné na jednom mieste, no zároveň toto riešenie porušuje vrstvový model sietí, keďže aplikačný protokol DHCP konfiguruje protokol nižšej vrstvy. Problém v prípade útoku DHCP Spoofing Man-in-the-middle je, že v sieti môže byť viacero DHCP serverov a ten, ktorý odpovie rýchlejšie, teda útočníkov môže prinútiť koncovú stanicu, aby si vybrala adresu ponúkanú ním. To znamená, že môže napríklad všetku sieťovú prevádzku z koncového zariadenia smerovať cez bod siete, ktorý útočníkovi vyhovuje. Obranou na tento útok je DHCP Snooping [3][8], kedy sa definujú porty, ktoré sú dôveryhodné a teda, môžeme z nich prijímať správy DHCP Offer a DHCP Acknowledge. Prepínač si následne vytvorí mapovanie IP adresy pridelenej DHCP serverom, MAC adresy koncového zariadenia, VLAN a portu, na ktorom je zariadenie pripojené.

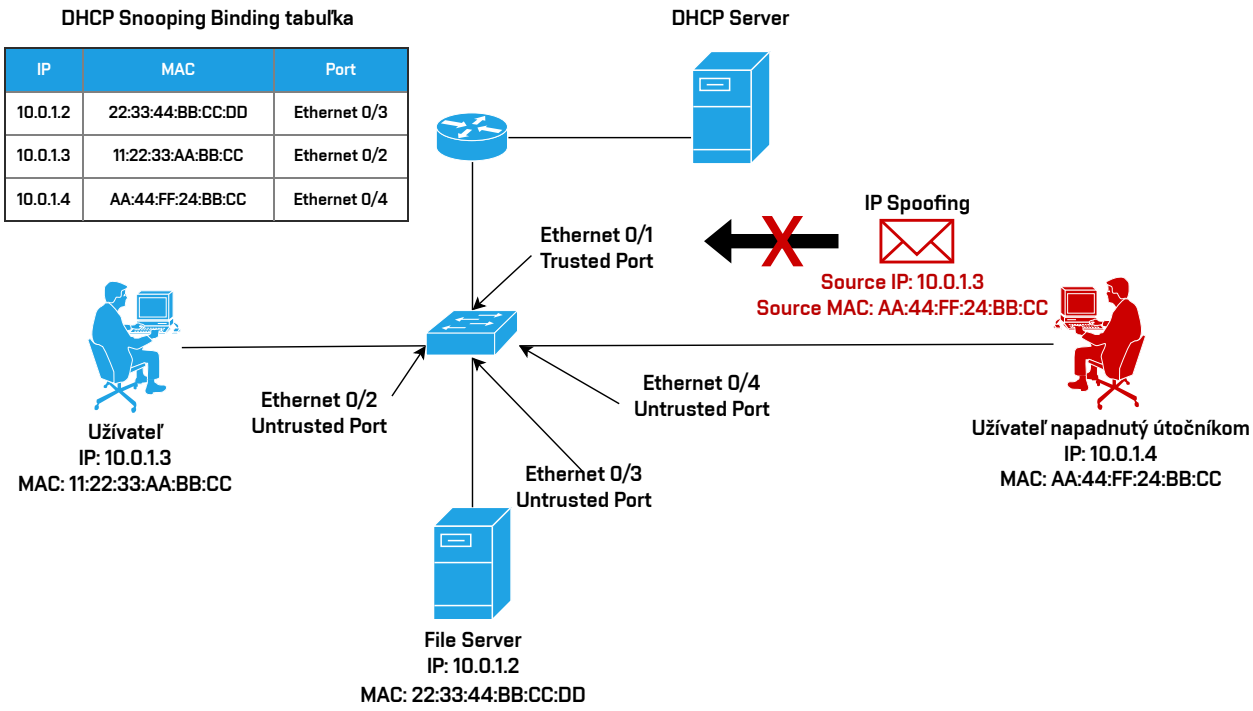
DHCP Snooping tiež zabraňuje vyčerpaniu adries pridelených pomocou DHCP serveru, kde útočník posiela správy DHCP Request s podvrhnutými MAC adresami, aby vyčerpal rozsah, ktorý sa prideľuje klientom.

Dynamic ARP Inspection

Protokol ARP býva zneužitý na útok ARP Spoofing. Pri tomto útoku útočník na dotaz užívateľa, v ktorom sa pýta, akú MAC adresu má zariadenie, ku ktorému pozná IP adresu, odpovie svojou MAC adresou alebo MAC adresou uzla v sieti, cez ktorý má prechádzať komunikácia. Týmto zabezpečí, že dáta bude možné odchytávať na stanici, ku ktorej má prístup. Obranou proti tomuto zneužitiu je Dynamic ARP Inspection [2], ktorá porovnáva údaje získané z tabuľky vybudovanej pomocou DHCP Snoopingu. Pokiaľ ARP odpoveď z portu neodpovedá naučenej informácii, tak je paket ARP odpovedi zahodený. Preto je nutnosťou pre využitie tejto obrany mať zapnutú funkciu DHCP Snooping.

IP Source Guard

Ďalším častým útokom na prístupovej vrstve je IP Spoofing, a teda používanie a zneužitie IP adresy, ktorá koncovému zariadeniu nepatrí. Útočník pomocou tohto útoku môže zahltiť stanicu tak, že ako zdrojovú IP adresu paketu uvedie IP adresu obeti a predpokladá, že odpoveď na tento paket už nebude doručená jemu, ale obeti. Mitigácia tohto útoku je možná za pomoci IP Source Guard [8], ktorá v každom odchádzajúcom pakete skontroluje, či IP adresa vysielajúcej stanice súhlasí so zdrojovou IP adresou. Nutnou prerekvizitou je vybudovanie tabuľky za pomoci DHCP Snoopingu.



Obr. 3.14: Využitie DHCP Snoopingu pre IP Source Guard, pri ktorom útočník napadne užívateľov počítač a snaží sa s podvrhnutou IP adresou zaslať paket, ten nezodpovedá mapovaniu v tabuľke na prepínači a bude zahodený.

Prideľovanie adries v IPv6

Protokol IPv6 používa odlišný prístup k prideľovaniu IPv6 adries, a teda nie všetky mitigácie útokov z protokolu IPv4 sú realizovateľné. V prvom rade systém prideľovanie IPv6 adries nie je povinne centralizovaný a na konfiguráciu adries sa používa protokol *Internet Control Message Protocol version 6* (ICMPv6). Je možné použiť aj DHCPv6 server, no ten nie je v štandarde definovaný ako povinný, a preto ho niektoré systémy vôbec nepodporujú. Zariadenie dostane buď od smerovača, alebo si od neho vyžiada správu Router Advertisement. V nej dostane prefix siete, prípadne ďalšie informácie a následne si spodných 64 bitov do adresy zvolí náhodne alebo si ich odvodí z MAC adresy. Keďže nie je prideľovanie centralizované a môže dôjsť k duplicite adries je treba zistiť ICMPv6 správou či zvolená adresa nie je v sieti už používaná. Práve v tomto spočíva prvý útok, kedy na správu overujúcu použitie adresy v sieti reaguje útočník, že ju má pridelenú práve on [26]. Zariadenie si vygeneruje novú adresu a pokus opakuje, útočník mu znova odpovie rovnako a teda mu odopiera prístup a znemožní mu využívať sieť. Kontrola prítomnosti adresy sa vykonáva aj v prípade využitia DHCPv6 serveru, takže ani jeho prítomnosť tento problém neodstráni.

Zabezpečenie ohlásení susedov

Protokol ICMPv6 a správa Neighbor Solicitation sa v IPv6 používa namiesto protokolu ARP pre zistenie MAC adresy, teda z toho plynú podobné problémy ako pri IPv4. Čiastočná mitigácia problému je pomocou ND Inspection, no ten využíva princíp „Trust on first use“ alebo „First come first serve“, teda do tabuľky podobnej DHCP Snoopingu sa zapíše hodnota prvej prihlásenej stanice [28][29]. Tým môže útočník taktiež odstaviť užívateľa od pripojenia a zamedziť kontrolu duplicity adries, pokiaľ si svoje zariadenie prihlási ako prvé. Druhou možnosťou je DHCPv6 Snooping, no ten je komplikované realizovať v prípade staníc s rôznymi systémami kvôli nekompatibilite tohto protokolu naprieč operačnými systémami. Riešením by bol protokol *Secure Neighbor Discovery* (SEND), no ten sa kvôli komplikovanosti a problémom s licenciami nepoužíva [27].

Falošný smerovač

Oznámenie smerovača môže byť podvrhnuté falošným smerovačom – Rogue RA alebo koncové zariadenie môže byť zaplavené falošnými prefixmi – RA Flood [28][29]. Z tohto dôvodu je nutné používať obranu RA Guard, ktorá definuje na ktorom rozhraní prepínača je pripojený smerovač, ktorý zasiela správy Router Advertisement, teda prefixy siete a ostatné potrebné informácie. Je to obdoba trust portu u DHCP Snoopingu. Naviac je nutné zabezpečiť, aby ohlásenie smerovača a suseda nebolo fragmentované, tak ako hovorí RFC 6980 [30].

IPv6 Source Guard

Kontrola IPv6 Source Guard, ktorá zabraňuje podvrhnutiu IPv6 adries je funkčná iba v prípade prítomnosti DHCPv6/IPv6 Snooping a ND inspection, čo ako bolo popísané vyššie môže spôsobiť aj odoprenie služby legitímnemu užívateľovi. Preto pri použití ND inspection a DHCPv6/IPv6 Snooping je vhodné pre kritické zariadenia, napríklad servery vytvoriť na prepínačoch manuálny záznam MAC a IPv6 adresy a VLAN.

Vyčerpanie pamäte susedov

Problémom v IPv6 je aj vyčerpanie pamäte susedov, kedy sa do tejto pamäte dostávajú neexistujúce útočníkove adresy alebo je v sieti pripojených veľa staníc s priveľa IPv6 adresami na každý uzol [31][32]. Tento problém pramení vo fakte, že koncové zariadenia majú hneď niekoľko IPv6 adries. Pri útokoch z internetu na globálne adresy môžeme vyfiltrovať pomocou ACL rozsahy sietí, ktoré nie sú v lokálnej sieti pripojené, a tým zamedziť ich zapísaniu do tabuľky. V lokálnych sieťach sa môže

definovať maximálna doba, po ktorú bude IPv6 adresa v zariadení zaznamenaná alebo sa staticky definuje mapovanie IPv6 a MAC adresy.

Nároky IPv6 na prenosné zariadenia

V IPv6 sieťach dochádza k problému častej komunikácie pomocou ICMPv6 správ. Jedná sa hlavne o správy pre ohlásenie smerovača, ohlásenie susedov respektíve o multicast komunikáciu. Pri mobilných zariadeniach pracujúcich na batériu by mohlo dôjsť k častému zobúdzaniu kvôli prijímaniu týchto správ a jej následnému vyčerpaniu. Z tohto dôvodu existuje RA Throttling, ktorá obmedzuje množstvo správ typu ohlásenie smerovača [33].

V sieťach s IPv6 konektivitou je viac než žiadúce dbať na monitorovanie, keďže všetky útoky nie je možné potlačiť.

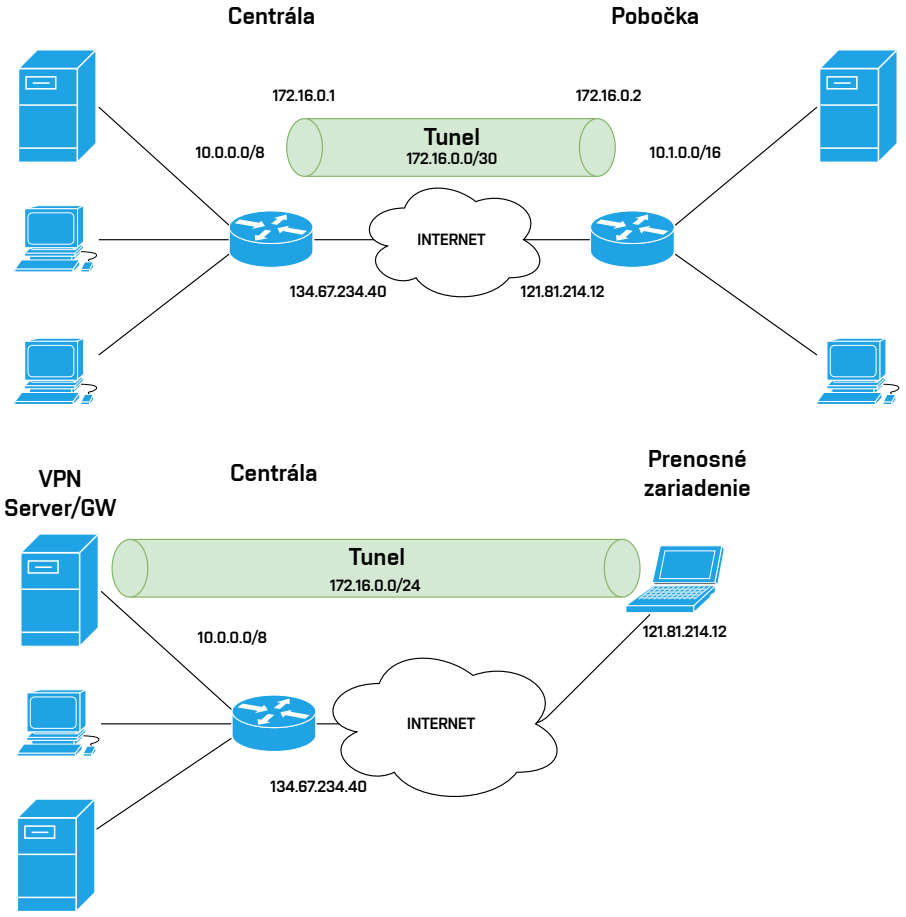
3.4.13 First Hop Redundancy Protocols

Protokoly na redundanciu brány štandardizovaný *Virtual Router Redundancy Protocol* (VRRP) a proprietárne *Hot Standby Redundancy Protocol* (HSRP) a *Gateway Load Balancing Protocol* (GLBP) umožňujú využívať jednu virtuálnu adresu pre východziu bránu na koncových zariadeniach a tým sú pre toto koncové zariadenie transparentné [7]. Naviac proprietárny protokol GLBP dokáže na ARP dotaz vracať ktorúkoľvek MAC adresu smerovača v skupine a tým rozkladať medzi ne záťaž. Všetky protokoly umožňujú autentifikáciu správ zasielaných medzi sebou a tým istú úroveň bezpečnosti, aj keď nie úplne ideálnu.

3.4.14 Tunely a VPN

Virtual Private Network – Virtuálna privátna sieť (VPN) slúžia na vzdialené pripojenie zariadení, ktoré sú oddelené napríklad vonkajšou sieťou, internetom [7]. Pre pripojenie vzdialených zariadení sa využívajú tunely. Spravidla sa VPN rozdeľujú na dva druhy, a to site-to-site, kde je pobočka k centrále pripojená cez hraničné prvky siete pomocou permanentne vytvoreného tunelu. kde je vytvorené permanentné spojenie medzi hraničnými zariadeniami. Druhou alternatívou je remote access VPN, kedy sa vytvára tunel na vyžiadanie a všetká sieťová prevádzka môže byť smerovaná cez bod, ku ktorému sa stanica vzdialene pripája a zároveň je zariadeniu prístupná vnútorná sieť. Tieto tunely môžu byť šifrované, čo zabezpečuje dôvernosť a preto by mali byť preferovanou alternatívou. Dnes ešte stále používané protokoly *Point-to-Point Tunneling Protocol* (PPTP), *Layer 2 Tunneling Protocol* (L2TP) nie

sú v dnešnej dobe považované za bezpečné. Preto sa dnes využívajú tunely pomocou protokolu *IP Security* (IPSec), prípadne pre remote access VPN je to protokol OpenVPN pracujúci na aplikačnej vrstve.



Obr. 3.15: Porovnanie site-to-site a remote access VPN

3.4.15 Mapovanie siete a objavovanie zariadení

Protokoly objavujúce zariadenia ako LLDP a *Cisco Discovery Protocol* (CDP) umožňujú získanie mnohých informácií o susedných pripojených zariadeniach, ako napríklad IP adresy, informácie o VLAN, operačnom systéme a mnohé ďalšie. Na tieto protokoly existuje veľké množstvo útokov s veľmi závažnými následkami. Častokrát sa tieto protokoly používajú pri IP telefónii a preto ich nie je možné plošne vypnúť, ideálne by sa mali zakázať aspoň na rozhraniach, kde nepotrebujú operovať.

Získavanie smerovacích informácií a masku podsiete je možné aj pomocou správ *Internet Control Message Protocol* (ICMP) typu redirects a mask reply. Problémom je aj directed broadcast, ktorý umožňuje získať ICMP odpoveď na správu ICMP

Echo zaslanú na broadcast adresu smerovača. Zariadenia od spoločnosti Cisco majú túto funkciu už dlhšiu dobu z bezpečnostných dôvodov zakázanú.

Mapovanie siete je možné aj pomocou *Multicast Listener Discovery* (MLD) a *Internet Group Management Protocol* (IGMP) Query správ, prípadne správami ICMP Echo na adresu ff02::1 a 224.0.0.1 [34][33]. Na zabránenie tohto útoku je možné použiť pravidlá v ACL.

Bezpečnostným problémom, ale aj systémom porušujúci fakt, že smerovač oddeľuje siete a broadcast doménu je proxy ARP. Tento systém umožňuje preposielanie ARP správ smerovačom do ďalších sietí. Využíva sa napríklad aj pri VPN, kedy chceme spojiť dve siete na vrstve sieťového rozhrania.

3.4.16 Nepoužívané a nebezpečné služby

Sieťové zariadenia sa často predávajú s rôznymi spustenými službami a tieto predvolené nastavenia, ktoré nie sú potrebné, môžu byť terčom útokov, a preto by mali byť vypnuté [10]. Keďže administrátor tieto funkcie nepoužíva, tak im ani nevenuje pozornosť pri zabezpečovaní. Typickými príkladmi sú administrácia pomocou protokolu *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) prípadne spustený HTTP server a podobne.

3.4.17 Ostatné bezpečnostné a prevádzkové postupy

Pre korektné fungovanie viacerých protokol je vhodné využívať ako zdroj Loopback rozhranie. Preto je dobrým zvykom definovať jedno Loopback rozhranie na zariadení, ktoré je dostupné hneď po štarte, nie ako fyzické rozhrania a môže byť užitočné ako identifikátor zariadenia pre viaceré protokoly. Toto rozhranie respektíve IP adresa sa používa ako zdrojová pri protokoloch *Network Time Protocol* (NTP), RADIUS, Tacacs+, SNMP, Syslog, SSH a tiež k identifikácií staníc dynamických smerovacích protokolov [5][8][10].

4 Návrh

4.1 Požiadavky na aplikáciu a existujúce riešenia

Kľúčovou vlastnosťou je modularita navrhovanej aplikácie, vďaka ktorej bude možné pridávať a definovať nové moduly na odhaľovanie a opravu nedostatkov alebo meniť existujúce pri zmene syntaxe a sémantiky príkazov. Modularita taktiež umožňuje vytvorenie a podporu ďalších výrobcov a operačných systémov sieťových zariadení. Existujúce riešenia sú zväčša zamerané iba na jedného výrobcu a operačný systém, pričom program je jeden zdrojový súbor, ktorý bez dobrej znalosti kódu je problematické upraviť a rozšíriť. Preto jednotlivé overovania odporúčaní a ich následná oprava bude každé v separátnom module, ktorý budú musieť dodržať určité vstupy a výstupy, teda akési *Application Programming Interface* (API). Existujúce riešenia nedisponujú žiadnym generovaním opravnej konfigurácie na základe nálezu nedostatku, preto vzniknutá aplikácia bude podporovať aj vygenerovanie nápravy.

Príkladom open-source riešenia je `Cisco Config Analysis Tool` [51], ktorý čerpá odporúčania z jednej literatúry [8], pomocou ktorej boli vytvorené aj odporúčania v tejto práci. V tomto riešení však chýba veľa dôležitých prevádzkových a bezpečnostných odporúčaní z dôvodu, že námetom na kontrolný zoznam pri zostavovaní aplikácie bola iba jedna literatúra. Taktiež podporuje iba jedného výrobcu sieťových zariadení a chýba mu modularita, nerozlišuje odporúčania a kontrolu ich prítomnosti na základe umiestnenia sieťového zariadenia v hierarchickom modeli. Existujúci nástroj `Cisco Config Analysis Tool` obsahuje kontrolu iba na niektoré bezpečnostné nastavenie pre protokol IPv6. Nástrojom s podobnými vlastnosťami a nedostatkami je aj `Router Auditing Tool` [52], ktorý má naviac aj *Graphical User Interface – grafické užívateľské rozhranie* (GUI). Existuje niekoľko rozšírení aj pre nástroj `Nessus`, ktoré overujú dodržiavanie odporúčaní a podľa zistení čerpajú z CIS Benchmarku [10]. Taktiež však nepodporujú zjednanie nápravy a ignorujú umiestnenie zariadenia v topológii.

Výhodou výsledného programu je aj, že kontrolný zoznam vznikol z viacerých knižných odporúčaní a benchmarkov organizácií zaoberajúcimi sa danou problematikou. Program bude umožňovať spúšťanie modulov zodpovedných za nájdenie a odstránenie nedostatkov na základe definovaného umiestnenia zariadenia v hierarchickom modely siete. Tým sa zamedzí generovaniu falošne pozitívnych správ, ktoré by vznikli v dôsledku overovania nerelevantných požiadavkov na zariadenie v danej vrstve modelu. V neposlednom rade bude riešenie zdarma s možnosťou nahliadnuť a modifikovať, respektíve rozšíriť kód. Program bude umožňovať kontrolu odporúčaní aj pre protokol IPv6, ktorým sa príliš nezaoberá väčšina odporúčaní a benchmarkov.

Kľúčové vlastnosti:

- Modularita – každé overenie s nápravou bude v zvlášť súbore prihliadajúc na výrobcu a operačný systém, pre ktoré je určené.
- Prispôsobenie na ďalších výrobcov – definovanie API pre moduly na budúcu podporu pre zariadenia od viacerých výrobcov a ich operačných systémov.
- Zjednanie nápravy – pri nájdení nedostatku vygenerovanie opravného nastavenia.
- Podpora IPv6 – detekcia zlého alebo chýbajúceho nastavenia a následná náprava aj pre protokol IPv6.
- Rozdelene odporúčaní podľa vrstvy zariadenia, na ktorom majú byť nastavené
- Hierarchický model – skenovanie nedostatkov typických pre jednotlivé vrstvy, v ktorých sa zariadenia nachádzajú a tým zníženie falošne pozitívnych varovaní.
- Definovanie závažnosti – každý nájdený nedostatok je hodnotený na 4 stupňovej škále.
- Personalizácia – definovanie modulov, ktoré sa spustia pre jednotlivé vrstvy, zmena závažnosti nájdených nedostatkov v konfiguračných súboroch.
- Zoznam útokov a problémov aktuálne bežiacej verzie operačného systému.
- Vygenerovanie správy s nedostatkami.

4.2 Rozdelenie príkazov

Na zariadeniach od firmy Cisco s operačným systémom IOS bol vykonaný rozbor možných príkazov a ich foriem zápisu a početnosti výskytu v konfigurácií. Tento rozbor bol spravený z dôvodu, že niektoré príkazy sa môžu opakovať a zároveň jeden druh príkazu môže byť konfigurovaný v rôznych kontextoch a teda neprítomnosť v jednom kontexte automaticky neznamená nedostatok v konfigurácií. Na základe rozboru boli rozdelené príkazy na konfiguráciu sieťových zariadení do nasledujúcich kategórií:

1. Maximálne s jedným výskytom v konfigurácii – príkladom môže byť verzia protokolu SSH.

Výpis 4.1: Konfigurácia verzie protokolu SSH

```
Router(config)#ip ssh version 2
```

2. Viacnásobný výskyt – typickým príkladom je definícia lokálnych účtov, ktoré môžu byť nastavené aj s nezahašovaným heslom. Takéto nastavenie sa môže vyskytovať aj viackrát, preto je potreba skontrolovať každý výskyt. V prípade lokálneho účtu sa musia eliminovať všetky účty s nezahašovaným heslom, nie iba prvý výskyt. Pokiaľ by sa hľadalo nastavenie, ktoré je potrebné mať v konfigurácií, tak je postačujúce pri jeho absencii vygenerovať iba jednu nápravu, takýmto príkladom je kongifurácia AAA serveru. Zasa platí, že dané nastavenie môže byť prítomné viackrát, teda môžeme mať definovaný aj záložný server.

Výpis 4.2: Konfigurácia účtu s nezahašovaným heslom

```
Router(config)#no username test_user password AAA
Router(config)#no username test_user2 password BBB
```

Výpis 4.3: Konfigurácia AAA serveru

```
Router(config)#radius server RAD_SERV
Router(config-radius-server)#address ipv4 10.0.0.8
Router(config-radius-server)#key PASSWD
Router(config)#tacacs server RAD_SERV
Router(config-tacacs-server)#address ipv4 10.0.0.9
Router(config-tacacs-server)#key PASSWD
```

3. Viacnásobný výskyt viazaný na rozhranie – typickým príkladom je zabezpečenie portu s definovaním maximálneho počtu povolených *Media Access Control* (MAC) adries.

Výpis 4.4: Konfigurácia maximálneho počtu povolených MAC adries na porte

```
Router(config)#interface FastEthernet0/1                          1
Router(config-if)#switchport port-security mac address max 1      2
Router(config)#interface FastEthernet0/4                          3
Router(config-if)#switchport port-security mac address max 2      4
Router(config)#interface FastEthernet1/1                          5
Router(config-if)#switchport port-security mac address max 1      6
```

4. Viacnásobný výskyt v rôznych kontextoch – tieto príkazy konfigurujú rôzne služby, napríklad autentifikáciu správ OSPF alebo prístup k manažmentu zariadenia.

Výpis 4.5: Konfigurácia autentizácie OSPF na porte alebo v procese

```
Router(config)#interface FastEthernet0/1                          1
Router(config-if)#ip ospf message-digest-key 1 md5 heslo          2
Router(config-if)#ip ospf authentication message-digest           3
Router(config)#router ospf 1                                      4
Router(config-router)#area 0 authentication message-digest        5
Router(config-router)#area 0 authentication key-chain 1           6
```

Výpis 4.6: Konfigurácia SSH prístupu na zariadanie

```
  Router(config)#line vty 0 4                                     1
  Router(config-line)#transport input ssh                         2
  Router(config)#line vty 5 6                                     3
  Router(config-line)#transport input ssh                         4
```

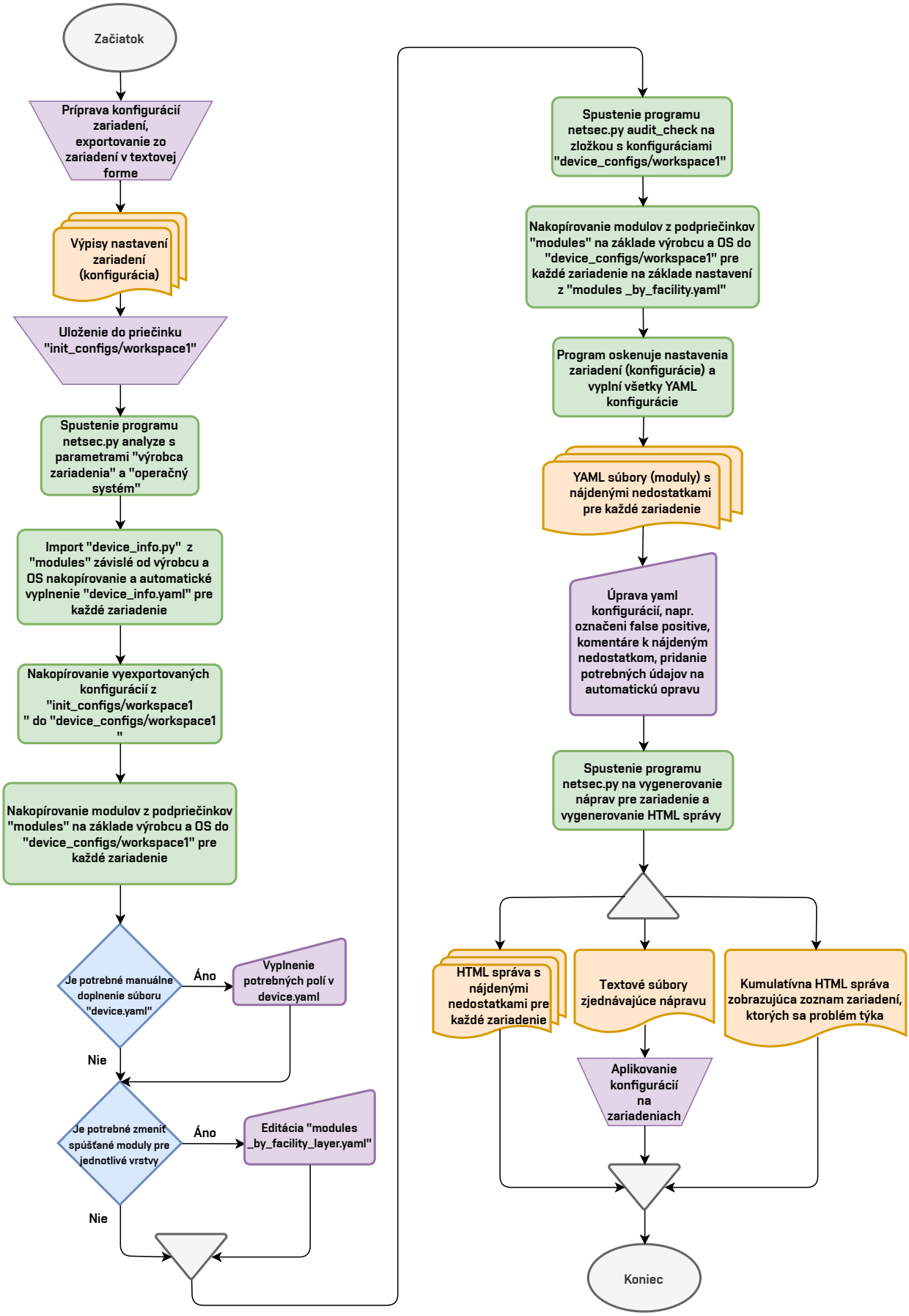
4.3 Rozdelenie sieťových prvkov

Sieť je dnes navrhovaná zväčša podľa hierarchického modelu opísaného v kapitole 3.2. Preto sa aj problémy a útoky v návrhu zatrieďujú podľa vrstvy, ktorú ovplyvňujú. V praxi sa však v menších sieťach funkcie jednotlivých vrstiev zlučujú, a preto boli okrem štandardných vrstiev nad rámec hierarchického modelu definované nasledujúce:

- Core – core vrstva, prípadne s funkciou hraničného prvku.
- Distribution – distribučná vrstva.
- Access – prístupová vrstva.
- Collapsed All – všetky vyššie zmienené vrstvy zlúčené do jednej.
- Collapsed Distribution Access – zlúčená distribučná a prístupová vrstva.
- Collapsed Core Distribution – zlúčená core a distribučná vrstva.

4.4 Princíp fungovania

Vstup programu počíta s predpripravenými konfiguráciami v textovej podobe, tie sú často dostupné z pravidelných záloh. Môže sa stať, že nie všetky nastavenia potrebné na dôsledné oskenovanie sú k dispozícií a preto je možné vyexportovať potrebné výstupy zo zariadenia pomocou skriptu, ktorý by bol spustiteľný na zariadení. Program umožní automaticky vyplniť polia v konfiguračnom súbore pre zariadenie `device.yaml`, no v prípade nepostačujúcich informácií zo stiahnutých konfigurácií je potreba manuálne vyplniť niektoré parametre, napríklad vrstvu, na ktorej zariadenie pracuje. Po úspešnom oskenovaní bude možné označiť nálezy ako falošne pozitívne a okomentovať tento dôvod, následne po takomto označení nebude generovaná náprava na nález na danom zariadení. Výstupom bude správa v HTML formáte s nedostatkami spustiteľná v akomkoľvek prehliadači, s informáciou o zjednanej náprave alebo označení falošne pozitívneho nálezu. Aplikovanie nápravy bude zjednané manuálne nakopírovaním tejto vygenerovanej nápravy na zariadenie prípadne pomocou programov na hromadné nasadenie ako napríklad Ansible, ktorý mnohé spoločnosti využívajú k hromadnému nasadzovaniu.



Obr. 4.1: Zjednodušený vývojový diagram opisujúci prácu s programom a tok dát v programe

Hierarchická štruktúra

Nasledujúca štruktúra súborov s komentármi vyobrazuje hierarchiu uloženia potrebných súborov na vykonávanie skenovania nedostatkov a zjednanie náprav. Súbor `hostname1_fix_hash` obsahuje namiesto slova "hash" skutočný hash súboru `hostname1_config.txt`, aby bolo zrejmé, ku ktorej verzii konfigurácie zariadenia patrí a v prípade aktualizovania a pridania novej konfigurácie do `init_configs` nedošlo k nejednoznačnosti. Nové konfigurácie stiahnuté zo zariadenia sa schválne nedávajú do zložky `device_configs`, keďže táto zložka môže obsahovať už nejakú nápravu a správu k predchádzajúcej konfigurácie, a preto by mohol vzniknúť konflikt a nebolo by jasné ku ktorej verzii konfigurácie výstupy programu patria. Program bude uchovávať taktiež históriu jednotlivých skenovaní a náprav, pričom pri iniciovaní nového skenovania a prítomnosti novej verzie konfigurácie zariadenia, príde k premiestneniu aktuálnych výstupov do podzložky s hashom prislúchajúcim konfigurácií `hostname1_old_hash`.

```
/ ..... koreňový adresár programu
├── netsec.py ..... hlavný program
├── modules ..... adresár so šablónami konfiguračných súborov a modulmi
│   ├── cisco ..... výrobca sieťového zariadenia
│   │   └── ios ..... operačný systém bežiaci na zariadení
│   │       ├── device_info.yaml . šalóna na uloženie základných informácií o zaridení
│   │       ├── yaml_module_configs
│   │       │   ├── 01_01_aaa_new_model.yaml ..... šablóna konfiguračného súboru
│   │       │   │                                  k modulu
│   │       │   └── 11_02_cdp_enable.yaml .. šablóna konfiguračného súboru k modulu
│   │       ├── python_modules
│   │       │   └── device_info.py ..... Python modul/trieda na uloženie informácií o
│   │       │                            zariadení a prácu s device_info.yaml
│   │       └── modules_by_facility_layer.yaml . šablóna s definíciou, ktoré moduly
│   │                                             budú spustené pre zariadenia na konkrétnej vrstve modelu
│   ├── hp
│   ├── juniper
│   │   └── junos
│   ├── own_variables.yaml .... šablóna pre premenné nutné pri generovaní nápravy
│   ├── yaml_module.py ..... Python modul/trieda na prácu s YAML konfiguračnými
│   │                        modulmi
└── device_configs ... adresár s výstupmi, konfiguráciami a súbormi na ich nápravu
    ├── workspace1 ..... adresár jednej topológie/siete
    │   ├── current_fixes ..... adresár s nápravami
    │   │   ├── hostname1_fix.txt
    │   │   └── hostname2_fix.txt
    │   └── reports ..... adresár so správami
```

- hostname1_report.html .. detailnejšia správa pre konkrétne zariadenie
- hostname2_report.html
- summary_report.html.....správa s mapovaním nedostatok-zariadenie
- hostname1 ..... zložka pre jedno konkrétne zariadenie
  - device_info.yaml.....základané informácie o konkrétnom zariadení
  - 01_01_aaa_new_model.yaml konfiguračný súbor k modulu s nájdenými nedostatkami
  - 11_02_cdp_enable.yaml
  - hostname1_config.txt ..... aktuálne skenovaná konfigurácia
- hostname2
- own_variables.yaml súbor s premennými nutnými pri generovaní nápravy
- modules_by_facility_layer.yaml.súbor s definíciou, ktoré moduly budú spustené pre zariadenia na konkrétnej vrstve modelu

- workspace2

- init_configs.....adresár s novými skopírovanými konfiguráciami zariadení
  - workspace1
    - hostname1_config.txt
    - hostname2_config.txt
  - workspace2
- old_configs.....adresár s predchádzajúcimi nálezmi a nápravami z rovnakého workspace – u
  - workspace1 .2 report.....adresár s CSS a HTMLpre vytvorenie správy
  - report.css
  - report_begin.html
  - report_end.html

4.5 Zoznam odporúčaní

V súčasnej dobe existuje mnoho odporúčaní, štandardov a benchmarkov, ktoré sa zaoberajú bezpečnosťou a správnou konfiguráciou sieťových zariadení. V mnohých prípadoch sú buď príliš všeobecné, a teda sieťoví inžinieri majú problém zistiť, čo daným odporúčaním autor myslel a ako ho implementovať, alebo sú určené iba pre zariadenia od jedného výrobcu. Problémom je taktiež, že väčšina odporúčaní, štandardov a benchmarkov sa nie úplne prekrývajú, a teda je potrebné pri nastavovaní a audite zariadení čerpať s mnohých naraz. Nižšie uvedené výsledné tabuľky obsahujú odporúčania z odbornej literatúry, štandardov a benchmarkov verejne dostupných a používaných v produkčnom nasadení. Výhodou je aj fakt, že obsahujú odporúčania vychádzajúce z problémov IPv6, ktoré nie sú často v štandardoch a benchmarkoch dostupné.

Zariadenia Cisco boli pre túto prácu vybrané z dôvodu, že spoločnosť Cisco je lídrom v sie5ov7ch zariadeniach, ktorý udáva trend, ich zariadenia sú celosvetovo v korporáciách veľmi rozšírené a mnoho literatúry a benchmarkov sa odvoláva na nastavenia týchto prístrojov s udávanými príkladmi konfigurácie. Taktiež sú tieto zariadenia dobrým referenčným príkladom pre hľadanie alternatívy v zariadeniach od iných výrobcov.

Tabuľky sú rozdelené do skupín podľa protokolu prípadne okruhu problému, ktorému sa venujú. V tabuľkách je možné vidieť, že odporúčania sú zatriedené podľa viacerých kritérií.

Stĺpec závažnosť (severity) vznikol na základe predpokladaných závažností. Tento atribút bude možné zmeniť v konfiguračnom súbore každého modulu v závislosti na riziku, ktoré sa pre danú topológiu a firmu vyhodnotí za pomoci manažmentu rizík opísaného v kapitole 2. Tento atribút sa nenachádza v žiadnom štandarde ani benchmarku, z ktorého vytvorený zoznam odporúčaní čerpal, no je veľmi dôležitý z hľadiska, že nie všetky nedostatky sú rovnako závažné a nemajú rovnaký dopad. Hodnoty, ktoré nadobúda sú prebrané zo štandardu CVSS, pričom posledný interval `none` reprezentujúci nulové riziko respektíve závažnosť je zamenený za kľúčové slovo `notice`. K tejto zmene prišlo z dôvodu, že problémy s nulovým rizikom nie sú súčasťou návrhu a nemá zmysel ich riešiť. V prípade, že bude nález falošne pozitívny alebo riziko bude akceptované, tak sa táto skutočnosť uloží do konfiguračného súboru. Závažnosť `notice` bude použitá v prípade prítomnosti monitorovania portu pomocou zrkadlenia portu alebo NetFlow/sFlow. Jedná sa totiž o technológie potrebné na monitorovanie prevádzky z legislatívnych alebo bezpečnostných dôvodov. Riziko existuje iba pri nesprávnom nastavení zdrojov monitorovania a cieľu pre zber dát, a preto je dobré vedieť pri audite o prítomnosti tohto nastavenia.

Posledným rozdelením je vrstva, na ktorej zariadenie pracuje (Facility layer),

nakoľko rozdelenie podľa zariadení nie je dostatočné, pretože napríklad L3 prepínač môže byť použitý na ktorejkoľvek vrstve hierarchického modelu a každá vrstva má určité špecifiká, ktoré neobsahuje iná vrstva. Špeciálny YAML konfiguračný súbor bude obsahovať informáciu, do ktorej vrstvy (Facility layer) daný modul patrí a na základe toho bude môcť program rozhodnúť, ktoré moduly zodpovedné za nájdenie problému a jeho vyriešenie budú nad vyexportovaným konfiguračným súborom zariadenia spustené. Taktiež bude možné meniť, dopĺňať a zakázať spúšťanie modulov pre jednotlivé zariadenia, pokiaľ by v danej topológii nevyhovovalo rozdelenie z tabuliek uvedených nižšie.

Vrstva, na ktorej zariadenie operuje, ako aj definované zariadenie, ktorého sa odporúčanie a opatrenie týka, nie sú súčasťou žiadneho kontrolného zoznamu, benchmarku ani štandardu, z ktorého bolo čerpané. Sieťový administrátor by preto musel sám vyvodiť záver, ktoré odporúčania a postupy bude aplikovať na jednotlivé zariadenia a vrstvy hierarchického modelu. Preto vytvorená tabuľka odporúčaní už obsahuje aj zoznam zariadení, ktorých sa opatrenie týka.

Tab. 4.1: Odporúčania k prístupu na manažment zariadení

Riadok č.	Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Plane	Severity	Facility layer	Zdroj
1	Nepovolený prístup k manažovaniu zariadenia	Vytvoriť a aplikovať ACL pre Telnet, SSH a pod. a zaznamenať v logu prístupy	M	C	A	[45] [10]
2	Neautorizovaný prístup cez nepoužívané a nezabezpečené protokoly na manažment zariadení	Vypnúť nepoužívané protokoly na prístup k manažovaniu zariadení (telnet a pod.)	M	H	A	[10] [8]
3	Nepovolený prístup k manažmentu konfigurácie zariadenia	Vypnutie odchádzajúcich spojení pre protokoly na manažment zariadení pokiaľ sa nepoužívajú (telnet a pod.)	M	H	A	[8]
4	Prístup bez požadovaných prístupových údajov	Nakonfigurovanie protokolov na manažment zariadení, aby požadovali prístupové údaje (telnet a pod.)	M	C	A	[10]
5	Nekonzistencia konfiguračných súborov pri zmenách konfigurácie viac ako jedným administrátorom	Povoliť súčasne iba jednému administrátorovi vykonávanie zmien v konfigurácii	M	H	A	[8]
6	Nepoužívanie zabezpečeného protokolu na manažment zariadení môže viesť k odposluchu	Zapnutie SSH	M	C	A	[10] [20]
7	Nebezpečná verzia 1 protokolu SSH	SSH verzia 2	M	C	A	[2]
8	Útok na krátky RSA kľúč	Dĺžka RSA kľúča minimálne 2048 bitov	M	C	A	[10] [11]
9	Dlhé neaktívne sedenie môže byť zneužité alebo aj fyzický prístup útočníka k aktívnemu sedeniu môže viesť k zmene konfigurácie	SSH čas vypršania sedenia	M	M	A	[10] [20]
10	Hádanie hesla k RSA kľúču	SSH maximálny počet neúspešných pokusov	M	H	A	[46] [39]

Riadok č.	Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Plane	Severity	Facility layer	Zdroj
11	Útok hrubou silou na zistenie prihlasovacích údajov	Špecifikovať čas po ktorý nie je možné po N pokusoch sa prihlásiť	M	H	A	[46] [39]
12	Prihlásenie na zariadenie nie je možné kvôli zablokovaniu pre príliš veľa neúspešných pokusov	Povolenie prístupu administrátorovi na základe IP adresy, keď je protokol na manažovanie zariadení nedostupný kvôli DOS útoku	M	M	A	[46] [39]
13	Dlhé neaktívne sedenie môže byť zneužité alebo aj fyzický prístup útočníka k aktívnemu sedeniu môže viesť k zmene konfigurácie	Čas vypršania sedenia pre protokol na manažovanie zariadení	M	M	A	[10] [20] [21]
14	Možné prihlásenie do zariadenia cez telnet keď je prítomné SSH	Zakázať telnet ak je SSH aktívne	M	C	A	[10] [20]
15	Útočník nie je informovaný o právnych následkoch	Právne upozornenie pri prístupe k zariadeniu	M	L	A	[2] [10] [20]
16	Nepovolená zmena konfigurácie zariadenia	Vytvorenie hesla na editovanie konfigurácie zariadenia	M	C	A	[10] [20]
17	Nepovolený prístup k manažmentu konfigurácie zariadenia	Lokálne zabezpečené účty	M	C	A	[8] [10]
18	Centrálna správa prihlásení a dohľadateľnosť zmien v konfigurácií	Definovanie a povolenie AAA serveru na prihlásenie a definovanie záložného prihlásenia	M	H	A	[45] [10] [2] [20]
19	Centrálna správa prihlásení a dohľadateľnosť zmien v konfigurácií	Definovanie a povolenie AAA serveru na editáciu konfigurácií a definovanie záložného prihlásenia	M	M	A	[10] [20]
20	Hádanie prístupových údajov	Definovanie maximálneho počtu neúspešných pokusov o prihlásenie a následné zablokovanie účtu	M	H	A	[10] [20]

Riadok č.	Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Plane	Severity	Facility layer	Zdroj
21	Prihlásenie bez prihlasovacích údajov	Zakázať záložné prihlásenie bez poskytnutia autentifikačných prostriedkov	M	C	A	[8]
22	AAA používa primárne lokálne účty namiesto centralizovaných na serveri	AAA nesmie používať ako prvú možnosť prihlásenia lokálny účet	M	H	A	[10] [20]
23	Používateľ prihlásený do zariadenia môže spúšťať akékoľvek príkazy	Nastavenie AAA autorizácie pre spúšťanie príkazov. V prípade výpadku AAA serveru, bude užívateľ odhlásený a následne prihlásený podľa záložného prihlásenia, aby mu nebolo pridelené vysoké oprávnenie umožňujúce vykonávať príkazy, na ktoré nemá právo	M	H	A	[20] [8]
24	Administrátor vloží zlý príkaz a po čase je ho nemožné dohľadať a zjednať nápravu	Nastavenie AAA účtovania respektíve logovania pripojení a vykonaných príkazov	M	H	A	[10]
25	AAA zdrojové rozhranie nie je rovnaké pri každom reštarte	Definovanie loopback zdrojového rozhrania pre AAA	M	M	A	[10]
26	SSH zdrojové rozhranie nie je rovnaké pri každom reštarte	Definovanie loopback zdrojového rozhrania pre SSH	M	M	A	[10]
27	DOS útok na štandardný SSH port 22	Špecifikovanie iného portu pre SSH ako štandardného alebo aplikovanie Port Knocking [47]	M	H	A	[47]

Plane: M – Management, C – Control, D – Data

Severity: C – Critical, H – High, M – Medium, L – Low, N – Notify

Facility layer: A – Všetky zariadenia, CE – Core/Edge, DI – Distribution, AC – Access, CAL – Collapsed All, CDA – Collapsed Distribution Access, CCD – Collapsed Core Distribution

Tab. 4.2: Odporúčania pre smerovanie

Riadok č.	Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Plane	Severity	Facility layer	Zdroj
1	Vloženie a manipulácia so smerovacími informáciami	Autentifikácia smerovacích protokolov (nie heslá v otvorenej podobe)	C	H	CE, DI, CCD, CDA, CAL	[2] [8] [10]
2	OSPF virtuálne linky degradujú výkon	Vypnutie virtuálnych liniek pre OSPF	C	H	CE, DI, CCD, CDA, CAL	[50]
3	Koncové zariadenie, užívateľ a útočník môžu vidieť smerovacie správy a topológiu siete alebo pripojenie škodlivého zariadenia, ktoré vysielať a prijímať smerovacie správy	Špecifikovanie rozhraní, ktoré nebudú prijímať smerovacie informácie	C	H	CE, DI, CCD, CDA, CAL	[18]
4	Nemožnosť sprevádzkovať procesy smerovacích protokolov v určitých prípadoch pri použití IPv6	Špecifikovanie identifikátorov smerovacích protokolov pre každý router (router ID)	C	M	CE, DI, CCD, CDA, CAL	[49] [7]
5	Vysledovateľnosť nefunkčnosti smerovacieho protokolu a nesprávneho nastavenia	Zaznamenanie zmeny v logu pri zmenách v smerovaní	C	M	CE, DI, CCD, CDA, CAL	[21]
6	Škodlivé vloženie smerovacích informácií informácií, vzdialený útok	TTL security	C	H	CE, DI, CCD, CDA, CAL	[18] [8]
7	Nesprávne smerovanie kvôli sumarizácií	Vypnutie automatickej sumarizácie smerovacích protokolov	C	H	CE, DI, CCD, CDA, CAL	[7]
8	DOS útok na stanicu, cez ktorú bola špecifikovaná cesta a teda nemožnosť komunikácie s koncovým bodom. Alebo zosnovanie MITM útoku	Vypnutie IP source routing	C	C	CE, DI, CCD, CDA, CAL	[10]

Riadok č.	Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Plane	Severity	Facility layer	Zdroj
9	DOS útok pomocou podvrhnutej IP adresy alebo vzdialený útok na smerovací protokol	Zapnutie reverse path forwarding strict/loose mode	C	H	CE, DI, CCD, CDA, CAL	[18] [5] [10]

Plane: M – Management, C – Control, D – Data

Severity: C – Critical, H – High, M – Medium, L – Low, N – Notify

Facility layer: A – Všetky zariadenia, CE – Core/Edge, DI – Distribution, AC – Access, CAL – Collapsed All, CDA – Collapsed Distribution Access, CCD – Collapsed Core Distribution

Tab. 4.3: Odporúčania pre filtrovanie prevádzky

Riadok č.	Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Plane	Severity	Facility layer	Zdroj
1	IP spoofing	Špecifikácia ACL na zakázanie a logovanie privátnych a špeciálnych IP adries z RFC 1918, RFC 3330	C	C	CE, CCD, CAL	[5] [8] [10]
2	IP spoofing	Špecifikácia ACL na zakázanie a logovanie špeciálnych IPv6 adries z RFC 5156	C	C	CE, CCD, CAL	[5] [8] [10]
3	IPv6 Next Header, IPv6 Fragmentation útok	ACL blokujúce nerozpoznateľné rozšírené hlavičky	C	C	A	[16] [15]
4	DOS útok alebo pokus o prístup k tomu, čo nie je povolené	Logovanie pravidiel zahodenia paketov v ACL	M	M	A	[45]
5	Pakety budú spracovávané v CPU, ktoré môže byť preťažené a môže byť zmenené smerovanie na obídenie bezpečnostnej kontroly	Zahadzovanie IPv4 paketov s rozšírenou hlavičkou (IP Options filtering)	C	C	CE, DI, CCD, CDA, CAL	[8]
6	Komplexné bezpečnostné hrozby a narušenie bezpečnosti	Nastavenie IDS/IPS ak to zariadenie podporuje	C	H	CE, CCD, CAL	[46]

Plane: M – Management, C – Control, D – Data

Severity: C – Critical, H – High, M – Medium, L – Low, N – Notify

Facility layer: A – Všetky zariadenia, CE – Core/Edge, DI – Distribution, AC – Access, CAL – Collapsed All, CDA – Collapsed Distribution Access, CCD – Collapsed Core Distribution

Tab. 4.4: Odporúčania pri vysokom zaťažení

Riadok č.	Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Plane	Severity	Facility layer	Zdroj
1	Nízky stav voľnej pamäte	Nastavenie notifikácie pri dochádzaní pamäte	M	M	A	[8] [21]
2	Logovacie správy nemôžu byť zaznamenané kvôli nedostatku pamäte	Rezervovanie pamäte pre kritické notifikácie pri nedostatku pamäte	M	H	A	[8] [21]
3	Vysoké zaťaženie CPU	Nastavenie notifikácie vysokom zaťažení CPU	M	M	A	[8] [21]
4	Vysoké zaťaženie zariadenia spôsobilo nemožnosť prihlásenia k nemu	Rezervovanie pamäte pre protokoly na manažment zariadení pri nedostatku pamäte	M	H	A	[8]

Plane: M – Management, C – Control, D – Data

Severity: C – Critical, H – High, M – Medium, L – Low, N – Notify

Facility layer: A – Všetky zariadenia, CE – Core/Edge, DI – Distribution, AC – Access, CAL – Collapsed All, CDA – Collapsed Distribution Access, CCD – Collapsed Core Distribution

Tab. 4.5: Odporúčania na zamedzenie mapovania siete

Riadok č.	Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Plane	Severity	Facility layer	Zdroj
1	Skenovanie a zistenie informácií o sieti za pomoci protokolu CDP a využitie bezpečnostných chýb	Zakázanie protokolu CDP	M	C	A	[10] [20]
2	Skenovanie a zistenie informácií o sieti za pomoci protokolu LLDP a využitie bezpečnostných chýb	Zakázanie protokolu LLDP	M	C	A	[2]
3	Proxy ARP môže viesť k obídeniu PVLAN a rozširuje broadcast doménu	Vypnutie Proxy ARP	C	C	CE, DI, CCD, CDA, CAL	[10] [20]
4	Útočník môže zistiť, že IP adresa, na ktorú skúšal ping je nesprávna	Vypnutie správ ICMP Unreachable	D	H	CE, DI, CCD, CDA, CAL	[8]

Riadok č.	Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Plane	Severity	Facility layer	Zdroj
5	Útočník môže zistiť masku podsiete pomocou ICMP Mask reply	Vypnutie správ ICMP Mask reply	D	H	CE, DI, CCD, CDA, CAL	[45]
6	Umožňuje DOS Smurf útok, mapovanie siete pomocou ping na broadcast adresu vzdialenej siete	Vypnutie ICMP echo správ na broadcast adresu, vypnutie directed broadcasts	D	C	CE, DI, CCD, CDA, CAL	[20] [45]
7	Útočník môže zistiť smerovacie informácie alebo vyťažiť CPU	Vypnutie správ ICMP Redirects	D	H	CE, DI, CCD, CDA, CAL	[8]
8	Mapovanie siete pomocou pingu na multicast adresu všetkých uzlov a MLD/IGMP Query Overload a Smurf útok	ACL blokujúce ICMP echo request na multicast adresu všetkých uzlov a MLD/IGMP Query na prístupových portoch	C	M	DI, CDA, AC	[33] [34]

Plane: M – Management, C – Control, D – Data

Severity: C – Critical, H – High, M – Medium, L – Low, N – Notify

Facility layer: A – Všetky zariadenia, CE – Core/Edge, DI – Distribution, AC – Access, CAL – Collapsed All, CDA – Collapsed Distribution Access, CCD – Collapsed Core Distribution

Tab. 4.6: Odporúčania na identifikáciu zariadení a nastavení

Riadok č.	Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Plane	Severity	Facility layer	Zdroj
1	Nemožná identifikácia zariadenia	Vytvoriť hostname	M	L	A	[10]
2	Nemožnosť vzdialeného prístupu	Vytvoriť doménové meno	M	L	A	[10]
3	Identifikácia pravidla v ACL	Popis každého pravidla v ACL pre lepšiu identifikáciu	M	L	A	[8]
4	Identifikácia rozhrania	Popis každého rozhrania	M	L	A	[7]
5	Nemožnosť identifikácie účelu VLAN	Pridanie mena k VLAN	C	L	DI, CDA, AC, CAL	[7]

Plane: M – Management, C – Control, D – Data

Severity: C – Critical, H – High, M – Medium, L – Low, N – Notify

Facility layer: A – Všetky zariadenia, CE – Core/Edge, DI – Distribution, AC – Access, CAL – Collapsed All, CDA – Collapsed Distribution Access, CCD – Collapsed Core Distribution

Tab. 4.7: Odporúčania k protokolu NTP

Riadok č.	Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Plane	Severity	Facility layer	Zdroj
1	Nekonzistencia časov v logoch a problém pričlenenia logov k relevantným incidentom	Nastavenie NTP serveru pre aktuálny čas v logoch	M	H	A	[5] [8] [10]
2	Pripojenie servera s rovnakou IP adresou, ale falošným časom	Nastavenie NTP autentifikácie	M	H	A	[5] [8] [10]
3	NTP zdrojové rozhranie nie je rovnaké pri každom reštarte	Definovanie loopback zdrojového rozhrania pre NTP	M	M	A	[5] [8] [10]
4	Väčšia bezpečnosť (pub/priv key) NTP a podpora IPv6	Použitie NTP verzie 4	M	M	A	[23]
5	Falošný čas od podvrhnutého NTP zdroja	Nastavenie NTP peer s inými sieťovými zariadeniami na krížovú validáciu času a záložný zdroj času	M	M	A	[45]

Plane: M – Management, C – Control, D – Data

Severity: C – Critical, H – High, M – Medium, L – Low, N – Notify

Facility layer: A – Všetky zariadenia, CE – Core/Edge, DI – Distribution, AC – Access, CAL – Collapsed All, CDA – Collapsed Distribution Access, CCD – Collapsed Core Distribution

Tab. 4.8: Odporúčania pre protokol SNMP

Riadok č.	Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Plane	Severity	Facility layer	Zdroj
1	Odpočúvanie SNMP verzie 1 a 2c	Použitie SNMP verzie 3 pokiaľ je SNMP používané	M	C	A	[10] [20]
2	Modifikovanie konfigurácie pomocou SNMP	Obmedzenie SNMP iba na čítanie	M	C	A	[10] [20] [45]
3	Neoprávnený prístup k SNMP informáciám	Obmedzenie SNMP iba pre vybrané IP adresy	M	H	A	[10] [20]
4	Administrátor nemá povedomie o problémoch na zariadení	Povolenie asynchrónnych správ SNMP TRAP	M	M	A	[10] [20] [45]

Riadok č.	Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Plane	Severity	Facility layer	Zdroj
5	Odpočúvanie SNMP sedenie z dôvodu slabého šifrovania a hashovacej funkcie	Vytvorenie SNMP verzie 3 užívateľa s minimálnym šifrovaním AES 128 bit a hashovacou funkciou SHA	M	C	A	[11] [10] [45]
6	Sťažená identifikácia SNMP správ z rôznych IP	Definovanie lokácie SNMP serveru	M	L	A	[48]
7	SNMP zdrojové rozhranie nie je rovnaké pri každom reštarte	Definovanie loopback zdrojového rozhrania pre SNMP	M	M	A	[10]
8	Zmeny názvov rozhraní medzi reštartami a nemožnosť monitorovania pomocou SNMP	SNMP statické nemenné meno rozhrania aj po reštarte zariadenia	M	H	A	[48]

Plane: M – Management, C – Control, D – Data

Severity: C – Critical, H – High, M – Medium, L – Low, N – Notify

Facility layer: A – Všetky zariadenia, CE – Core/Edge, DI – Distribution, AC – Access, CAL – Collapsed All, CDA – Collapsed Distribution Access, CCD – Collapsed Core Distribution

Tab. 4.9: Odporúčania pre protokol Syslog

Riadok č.	Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Plane	Severity	Facility layer	Zdroj
1	Administrátor nemá povedomie o problémoch na zariadení	Povolenie logovania protokolom SYSLOG a špecifikovanie IP adresy SYSLOG serveru	M	H	A	[10] [20]
2	Neprijímanie všetkých dôležitých incidentov na zariadení z protokolu SYSLOG	Špecifikovanie dôležitosti oznámení SYSLOG na INFORMATIONAL	M	M	A	[10]
3	SYSLOG zdrojové rozhranie nie je rovnaké pri každom reštarte	Definovanie loopback zdrojového rozhrania pre SYSLOG	M	M	A	[8] [10]

Riadok č.	Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Plane	Severity	Facility layer	Zdroj
4	Insufficient and non-standard time format in logging messages/ Nedostatočné a neštandardné formáty času pri logovacích správach	Definovanie formátu času pre logovacie a ladiace výstupy	M	M	A	[10] [20]
5	Administrátor nevidí dôležité incidenty pri prihlásení a konfigurovaní cez konzolu	Vypisovanie SYSLOG správ CRITICAL a dôležitejších do terminálu	M	M	A	[8] [10]
6	Malá vyrovnávacia pamäť pre SYSLOG je dôvodom zahadzovanie správ	Definovanie veľkosti SYSLOG buffera dôležitosti oznámení na INFORMATIONAL	M	H	A	[8]
7	Neprístupný SYSLOG server spôsobuje zahadzovanie dôležitých syslog správ	Definovanie dočasného úložiska SYSLOG správ v prípade nedostupnosti servera	M	H	A	[8]
8	Problém identifikácie SYSLOG správ s rovnakou časovou značkou	Pridanie sekvenčného čísla ku každej syslog správe	M	L	A	[45]

Plane: M – Management, C – Control, D – Data

Severity: C – Critical, H – High, M – Medium, L – Low, N – Notify

Facility layer: A – Všetky zariadenia, CE – Core/Edge, DI – Distribution, AC – Access, CAL – Collapsed All, CDA – Collapsed Distribution Access, CCD – Collapsed Core Distribution

Tab. 4.10: Odporúčania pre First Hop Security

Riadok č.	Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Plane	Severity	Facility layer	Zdroj
1	MAC Spoofing, MAC Flooding	Definovanie maximálne 1 MAC adresy na port, priradenie MAC adresy na port	C	C	DI, CDA, AC	[7]

Riadok č.	Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Plane	Severity	Facility layer	Zdroj
2	MAC Spoofing, MAC Flooding	Nastavenie režimu narušenia, ktorý vypne port alebo informuje správcu o pripojení nepovoleného zariadenia	C	H	DI, CDA, AC	[7]
3	Využívanie siete nepovolenými používateľmi	Zapnutie 802.1x	C	H	DI, CDA, AC	[3] [36] [37]
4	Útok hrubou silou hádaním prístupových údajov pre 802.1x	Limitovanie maximálneho počtu neúspešných pokusov o autentifikáciu 802.1x	C	H	DI, CDA, AC	[3] [36] [37]
5	DHCP spoofing	DHCP snooping, IPv6 Snooping, DHCPv6 Guard	C	C	DI, CDA, AC	[3] [8] [35]
6	Príliš veľa DHCP paketov, zaplavenie DHCP paketmi	Obmedziť počet DHCP paketov na nedôveryhodných rozhraniach	C	M	DI, CDA, AC	[3] [8] [35]
7	ARP Spoofing	Dynamic ARP Inspection	C	C	DI, CDA, AC	[2]
8	IP spoofing	IPv4/IPv6 Source Guard	C	C	DI, CDA, AC	[8] [35]
9	IPv6 ND Spoofing	IPv6 ND Inspection	C	C	DI, CDA, AC	[29] [28] [35]
10	Rogue RA, RA Flood, RouterLifeTime=0	RA Guard	C	C	DI, CDA, AC	[29] [28] [35]
11	Mobilné zariadenia pripojené bezdrôtovo spotrebovávajú veľa energie kvôli častým RA správam	RA Throttling	C	L	DI, CDA, AC	[33] [40]
12	Vyčerpanie cache susedov	Statický záznam pre kritické zariadenia (servery) spájajúce IP a MAC adresu a VLAN	C	C	DI, CDA, AC	[31] [32]

Riadok č.	Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Plane	Severity	Facility layer	Zdroj
13	Vyčerpanie cache susedov	Na zabránenie vzdialeného útoku na cache susedov cez internet je potreba nastaviť ACL, kde povoľujeme iba komunikáciu s cieľovými IPv6 adresami, ktoré sa nachádzajú v našej sieti	C	C	CE, CCD, CAL	[31] [32]
14	Vyčerpanie cache susedov	IP destination Guard (First Hop Security)	C	C	DI, CDA, AC	[31] [32]
15	Vyčerpanie cache susedov	Limitovanie času IPv6 adresy v cache susedov	C	C	DI, CDA, AC	[31] [32]

Plane: M – Management, C – Control, D – Data

Severity: C – Critical, H – High, M – Medium, L – Low, N – Notify

Facility layer: A – Všetky zariadenia, CE – Core/Edge, DI – Distribution, AC – Access, CAL – Collapsed All, CDA – Collapsed Distribution Access, CCD – Collapsed Core Distribution

Tab. 4.11: Odporúčania pre Spanning Tree Protokol

Riadok č.	Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Plane	Severity	Facility layer	Zdroj
1	Rogue root bridge protection (root guard)	Rogue root bridge	C	C	DI, CDA, AC	[3]
2	BPDU protection (BPDU guard)	Pripojenie prepínaču na koncový prístupový port	C	C	DI, CDA, AC	[3]
3	Prístupové porty by sa nemali podieľať na STP procese	Rýchlosť konvergencie	C	H	DI, CDA, AC	[3]
4	Špeciálne konfigurácie zaisťujúce bezslučkovú topológiu pomocou STP keď nastane jednosmerná komunikácia (Loop Guard)	Jednosmerná komunikácia medzi prepínačmi môže viesť k topológii so slučkami	C	C	DI, CDA, AC	[50]

Plane: M – Management, C – Control, D – Data

Severity: C – Critical, H – High, M – Medium, L – Low, N – Notify

Facility layer: A – Všetky zariadenia, CE – Core/Edge, DI – Distribution, AC – Access, CAL – Collapsed All, CDA – Collapsed Distribution Access, CCD – Collapsed Core Distribution

Tab. 4.12: Odporúčania pre VLAN

Riadok č.	Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Plane	Severity	Facility layer	Zdroj
1	Špeciálna VLAN pre manažment na obmedzenie prístupu iba pre administrátorov	Vytvorenie separátnej VLAN pre manažment	C	M	DI, CDA, AC	[7]
2	Útočníkovi s fyzickým prístupom k portu môže byť pridelený prístup do časti siete, ktorá zodpovedá príslušnej VLAN	Vytvorenie špeciálnej black hole VLAN pre nevyužité porty	C	C	DI, CDA, AC	[21]
3	Predvolenej VLAN je povolené prepnuté na akýkoľvek port, VLAN hopping, double tagging	Odobrať všetky porty z predvolenej VLAN	C	C	DI, CDA, AC	[21]
4	Predvolenej VLAN je povolené byť prepnutá na akýkoľvek port, VLAN hopping, double tagging	Vytvorenie natívnej VLAN rozdielnej ako predvolená, priradenie k trunk portu a povolenie iba potrebných portov	C	C	DI, CDA, AC	[21]
5	DTP útok, Switch spoofing útok	Vypnutie dynamického trunkovacieho protokolu a explicitne určiť porty ako prístupové a trunk	C	C	DI, CDA, AC	[21]
6	Nový prepínač s vyšším číslom revízie, ale s nesprávnou VLAN databázou môže šíriť falošné VLAN identifikátory a spôsobiť nefunkčnosť siete, veľa možných VTP útokov kvôli zraniteľnostiam	Vypnutie MVRP. MRP, GARP, VTP po úspešnej propagácií VLAN	C	C	DI, CDA, AC	[3]
7	VTP musí byť používané	Uprednostniť VTP verzie 3, špecifikovať skryté heslo a zapnúť VTP prunning pokiaľ musí byť VTP zapnuté	C	C	DI, CDA, AC	[3]
8	Vysoké zaťaženie linky	Poslanie notifikácie pri prekročení prahovej hodnoty zaťaženia linky	C	M	A	[21]

Plane: M – Management, C – Control, D – Data

Severity: C – Critical, H – High, M – Medium, L – Low, N – Notify

Facility layer: A – Všetky zariadenia, CE – Core/Edge, DI – Distribution, AC – Access, CAL – Collapsed All, CDA – Collapsed Distribution Access, CCD – Collapsed Core Distribution

Tab. 4.13: Ostatné nezatriedené odporúčania

Riadok č.	Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Plane	Severity	Facility layer	Zdroj
1	Zlyhanie zariadenia alebo linky môže viest k nefunkčnosti siete	Povolenie FHRP s autentifikáciou a aktuálnou verziou	C	M	CE, CCD, CAL	[7]
2	Nepoužívané, staré a nezabezpečené služby môžu byť použité na škodlivé účely	Vypnutie nepoužívaných služieb z bezpečnostných dôvodov a na šetrenie CPU a pamäte	*1	H	*1	[38]
3	Odpočúvanie komunikácie cez nezabezpečené tunely	Vypnúť tunely ktoré nie sú zabezpečené alebo zabezpečiť tunely	D	C	CE, DI, CCD, CDA, CAL	[10] [46]
4	Môže byť zneužité odpočúvanie pokiaľ sa používa a monitorovanie prevádzky kvôli legislatívnym potrebám (zrkadlenie portov, záznam tokov)	Monitorovanie výkonnosti siete a zber sieťového prenosu kvôli legislatívnym potrebám	C	N	A	[8]
5	Útočník s fyzickým prístupom k zariadeniu alebo portu môže odpočúvať alebo posielať škodlivý obsah	Explicitne zakázať nepoužívané porty	D	C	A	[20] [5]
6	Zdrojové rozhranie pre management a control protokoly	Vytvoriť Loopback rozhranie s IP adresou	M/C	M	A	[8] [10]
7	Pretečenie pamäte	Povoliť mechanizmy na detekciu pretečenia pamäte	M	M	A	[8]
8	Načítanie škodlivej konfigurácie zo siete počas bootovania	Vypnutie načítania operačného systému alebo konfigurácie zo siete pokiaľ to nie je nutné	M	M	A	[45]
9	Odpočúvanie konfigurácií zariadení pri zálohe	Zapnutie zabezpečenej zálohy na server (SFTP, SCP)	M	H	A	[8]

Riadok č.	Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Plane	Severity	Facility layer	Zdroj
10	Vymazanie konfigurácie	Zapnutie ochrany pred výmazom konfigurácie	M	H	A	[2]
11	Možnosť urobiť diff zmien konfigurácií a jej návrat	Periodické zálohovanie konfigurácie a logovanie jej zmien	M	M	A	[2] [8]
12	Nemožnosť prihlásenia pri zaseknutom TCP spojení	Terminovanie zaseknutého TCP spojenia	M	M	A	[8]
13	Možnosť prečítať heslá z uniknutých konfigurácií	Zašifrovanie hesiel v otvorenej podobe	M	C	A	[10]

Plane: M – Management, C – Control, D – Data

Severity: C – Critical, H – High, M – Medium, L – Low, N – Notify

Facility layer: A – Všetky zariadenia, CE – Core/Edge, DI – Distribution, AC – Access, CAL – Collapsed All, CDA – Collapsed Distribution Access, CCD – Collapsed Core Distribution

[1] Záleží na výrobcovi, operačnom systéme a verzii

5 Implementácia

5.1 Použité technológie

5.1.1 Python

Python [53] je objektovo orientovaný, interpretovaný programovací jazyk vytvorený holanďanom Guidom van Rossom. Radí sa k vysokoúrovňovým programovacím jazykom a umožňuje automatickú správu pamäte, teda programátor nie je nútený explicitne potrebnú pamäť alokovať a uvoľňovať. Jeho výhodou je práve fakt, že je interpretovaný a teda programy napísané v ňom nemusia byť preložené pre danú platformu, ale postačuje spustenie zdrojového kódu pomocou interpretu nainštalovaného na danom systéme. Interpret jazyka Python je dostupný pre Microsoft Windows, GNU/Linux, macOS a mnoho ďalších vstavaných a exotickejších systémov. Syntax jazyku Python je založená na syntaxi jazyku C, no zdrojový kód je čitateľnejší a na vymedzenie funkčných blokov využíva odsadenie, vďaka čomu je kód čitateľnejší. V súčasnosti sa využíva syntax a interpret dvoch verzií, a to verzie 2.x a 3.x, ktoré sú vzájomne nekompatibilné, z dôvodu rozdielnych syntaktických konštrukcií. Prvá zo zmienených verzií však čoskoro prestane byť podporovaná. Z tohto dôvodu je vhodnejšie použiť na novo vyvíjané programy verziu 3.x.

Práve pre vyššie zmienené výhody, a to najmä dobrú čitateľnosť kódu, rozšíriteľnosť medzi programátormi, ako aj spustenie na rôznych platformách bol Python zvolený za programovací jazyk pre túto diplomovú prácu.

5.1.2 YAML

YAML [54] je jazyk na serializáciu dát vo forme veľmi dobre čitateľnej pre človeka. Bol inšpirovaný konceptami a syntaxou jazykov C a Python. Dovoľuje definovať primitíva z týchto programovacích jazykov ako zoznamy, asociatívne polia, reťazce a zároveň v jednom súbore dovoľuje definovať viac dokumentov.

Pre konfiguračné súbory na túto diplomovú prácu boli spočiatku uvažované tri metódy. Prvou možnosťou na serializáciu dát bol jazyk XML, tento formát však nie je tak dobre čitateľný pre človeka a je tu väčšia pravdepodobnosť zanesenia chýb z dôvodu uzatvárania značiek. Druhou možnosťou bolo využitie syntaxe jazyka JSON, no problémom je, že nepodporuje vkladanie komentárov, preto nie je vhodný na konfiguračné súbory. Poslednou možnosťou bolo vytvorenie vlastnej syntaxe a vlastného analyzátoru, to je však pre potreby diplomovej práce zbytočné a hotové riešenie v podobe YAML je dostatočné a eliminuje všetky nedostatky vyššie zmienených jazykov určených na serializáciu dát. Použitý jazyk Python naviac

disponuje viacerými knižnicami na prácu s jazykom YAML.

5.1.3 Regulárne výrazy

Regulárnym výrazom sa rozumie sekvencia znakov, ktorá definuje určitý vzor [55]. Regulárne výrazy sa používajú na vyhľadávanie alebo výmenu reťazcov v texte pričom na to využívajú znaky s vopred definovanou sémantikou. V diplomovej práci budú použité na vyhľadávanie prítomnosti alebo absencii nastavení v konfigurácií zariadení.

5.2 Konfiguračné súbory

5.2.1 Súbor popisujúci zariadenie

Výpis 5.1: Konfiguračný súbor device.yaml, ktorý popisuje základné informácie o jednom konkrétnom zariadení

```yaml
---
# Hostname of device
hostname: "sw1-access"

# Path to configuration file of device
config: "sw1_access-config.txt"

# Version of running operating system
version: "12.2(55)SE12"

# L3 protocols which are used
# not only available but literally used and enabled
l3_protocols:
  - "ipv4"
  - "ipv6"

# Manufacturer of device
# Same directory name has to be created inside
# directory "Modules", where all modules
# for this vendor are stored
vendor: "cisco"

# Operating system
os: "ios"

# Type of device
# Types: [r(router), l3sw(L3 switch), l2sw(L2 switch)]
facility: "l3sw"

# Type of layer where facility is installed
# Types: [core/edge, distribution, access, collapsed all,
# collapsed distribution access,
# collapsed core distribution]
facility-layer: "access"

```

```
# Exclude modules which are specified in file
# "modules_by_facility.yaml" for specific
# "facility-layer" you do not want to be used
excluded-modules:
  - "dot1x.py"

# Include modules which are not
# part of  specific "facility-layer"
# in file "modules_by_facility.yaml"
# and you want to use them.
include-modules:
  - "cdp.py"
  - "portsec-max-mac.py"

# All available interfaces, roles of interfaces
# can be specified, roles such as "access" or "trunk"
# are assigned automatically according to config
# and more than one type can be assigned to port
# Roles: [access, trunk, wan, toinet, access-datacenter,
# wlan, to_distribution_layer, to_core_layer, unused, none]
interfaces:
- FastEthernet 0/1: "access"
- FastEthernet 0/2: "access-datacenter"
- FastEthernet 0/3: "access"
- FastEthernet 0/4:
  - "trunk"
  - "to-core-layer"

# SHA1 hash of input configuration of device
input-config-hash: "12975910C3E6352B5B2BDEE81FA2FC4653A5BD59"

# SHA1 hash of current fix configuration
fix-hash: "86F7E437FAA5A7FCE15D1DDCB9EAEAEA377667B8"
```

5.2.2 Súbor popisujúci modul

Výpis 5.2: Konfiguračný súbor device.yaml, ktorý popisuje základné informácie o jednom konkrétnom zariadení

```
---
# Module name, it will be seen in report output
name: "CDP disabled"

# Instance name or identifier, e.g. OSPF processes are used
instance-name: ""

# Type of configuration command
# Types: [o, i, m, b]
# o~- one time in config e.g. "ip ssh version 2"
# i - applied on interface (onetime/manytime) e.g.
   portsecurity, ACL
# m - multiple time e.g. password for telnet, password for
   eigrp processes
# b - both interface and general e.g. CDP, root guard
type: "b"

# Type of device
# Types: [r(router), l3sw(L3 switch), l2sw(L2 switch), all]
default-facility: "all"

# Type of layer where facility is installed
# Types: [core/edge, distribution, access, collapsed all,
   collapsed distribution access, collapsed core distribution
   , all]
default-facility-layer: "all"

# Run only when module(s) below have found an error
# means security problem or missing configuration
run-if-error-returned:
  - "none"

# Run only when module(s) below have not find an error
# means configuration which module(s) looking for is present
run-if-error-returned:
  - "none"

```

```
# Variables needed for generating configuration fix
# e.g. - snmp-user: "administrator1"
instance-public-vars:
  - "none"

# Variable that holds secret until configuration fix is
   generated
# after that it is cleared due to security
# e.g. - password: ""
instance-secret-vars:
  - "none"

#-------------------------------------------------------------
# GENERAL CMD CONFIG
#-------------------------------------------------------------
name-cmd-general: "CDP Globally DISABLED"

# Severity which defines importance of found problem
# Types: [critical, high, medium, low, notice]
default-cmd-general-severity: "critical"

# Severity which defines importance of found problem
# Types: [critical, high, medium, low, notice]
# Default: none
user-cmd-general-severity: "none"

#Regex to match and find occurrence
regex-cmd-general: "no cdp run"

# Specifies whether module should look for regex occurrence
# or non-occurrence match
# Types:
# occurrence - set when regex occurrence in variable "regex-
   cmd-general" signalize no issue
# nonoccurrence - set when regex non-occurrence in variable "
   regex-cmd-general" signalize no issue
regex-cmd-general-occurrence: "occurrence"

# Boolean variable to store whether regex matches or not
regex-cmd-general-match-status: "False"

```

```
# Command to resolve problem
# String when one line command, for multiple command setup a list
fix-cmd-general: "no cdp run"

# Notice seen in report when fix will be applied
# e.g. notice about something can stop working after applying fix
fix-cmd-general-notice: "Fix may cause CISCO IP telephony malfunction"

# Boolean which indicates whether a fix will be ignored or applied
fix-cmd-general-ignore: "True"

# Comment to specify reason why command for fix is ignored,
# reason or comment about accepting the risk
fix-cmd-general-ignore-comment: "Enabled due to CISCO IP Telephony"

# Boolean which indicates finding an issue is false positive
fix-cmd-general-false-positive: "False"

# Comment to specify reason why is finding marked as false positive
fix-cmd-general-false-positive-comment: "none"

#-------------------------------------------------------------
# INTERFACE CMD CONFIG
#-------------------------------------------------------------
name-cmd-affected-ports: "CDP on interface DISABLED"

# Severity which defines importance of found problem on affected interface
# Types: [critical, high, medium, low, notice]
default-cmd-affected-ports-severity: "critical"

# Severity which defines importance of found problem on affected interface
# Types: [critical, high, medium, low, notice]
# Default: none
```

```
user-cmd-affected-ports-severity: "none"

#Regex to match and find occurrence
regex-cmd-affected-ports: "no cdp enable"

# Specifies whether module should look for regex occurrence
# or non-occurrence match
# Types:
# occurrence - set when regex occurrence in variable "regex-cmd-general" signalize no issue
# nonoccurrence - set when regex non-occurrence in variable "regex-cmd-general" signalize no issue
regex-cmd-affected-ports-occurrence: "occurrence"

# Boolean variable to store whether regex matches or not on interfaces
regex-cmd-affected-ports-match-status: "False"

# List of ports where issue is found when variable "type" is "i" or "b"
affected-ports:
  - FastEthernet 0/1
  - FastEthernet 0/2

# Command to resolve problem on interfaces
# String when one line command, for multiple command setup a list
fix-cmd-affected-ports: "no cdp enable"

# Notice seen in report when fix will be applied on affected interface
# e.g. notice about something can stop working after applying fix
fix-cmd-affected-ports-notice: "Fix may cause CISCO IP telephony malfunction"

# Boolean which indicates whether a fix will be ignored or applied
fix-cmd-affected-ports-ignore: "True"

# Comment to specify reason why command for fix is ignored
```

```
fix-cmd-affected-ports-ignore-comment: "Enabled due to CISCO IP Telephony"

# Boolean which indicates finding an issue is false positive
fix-cmd-affected-ports-false-positive: "False"

# Comment to specify reason why is finding marked as false positive
fix-cmd-affected-ports-positive-comment: "none"


#-------------------------------------------------------------
# INTERFACE CMD IGNORE CONFIG
#-------------------------------------------------------------

name-cmd-explicit-ignored-ports: "CDP running on interfaces IGNORED"

# Severity which defines importance of found problem on affected interface
# Types: [critical, high, medium, low, notice]
default-cmd-explicit-ignored-ports-severity: "critical"

# Severity which defines importance of found problem on affected interface
# Types: [critical, high, medium, low, notice]
# Default: none
user-cmd-explicit-ignored-ports-severity: "none"

# List of ports which should be ignored when "type" is "i" or "b"
explicit-ignored-ports:
  - FastEthernet 0/3
  - FastEthernet 0/4

# Command to resolve problem on interfaces which are ignored
# Can be blank when you want just ignore ports, some commands
# like CDP can have on ignored ports command "cdp enable" when
# globally is disabled
fix-cmd-explicit-ignored-ports: "cdp enable"
```

```
                                                                    171
# Notice seen in report when fix will be applied on ignored         172
    interface
# e.g. notice about something can stop working after applying       173
     fix
fix-cmd-explicit-ignored-ports-notice: "Enabling CDP on             174
    interface(s) can lead to serious attacks"
                                                                    175
# Comment to specify reason why ignore command is applied           176
fix-cmd-explicit-ignored-ports-comment: "Enabled due to CISCO       177
     IP Telephony"
```

Záver

V rámci semestrálnej práce bola naštudovaná problematika bezpečnosti a prevádzky sieťových zariadení a prišlo k porovnaniu existujúcich riešení. Z dostupnej literatúry a odborných textov boli vytvorené tabuľky s odporúčaniami rešpektujúce topológiu, teda hierarchický model siete a tiež ohodnotenie závažnosti pri absencii odporúčaní. Bol vytvorený návrh aplikácie, princíp fungovania, navrhnutá štruktúra ukladania a práce s konfiguráciami zariadení a ukladanie výsledkov. V rámci implementácie kódu prišlo k vytvoreniu konfiguračných súborov na ukladanie informácií zariadení a šablóny konfiguračného súboru popisujúceho modul zodpovedný za nález, vykonanie nápravy a záznam nájdených nedostatkov. Ako implementačný programovací jazyk bol vybraný jazyk Python a jazyk YAML pre konfigurácie potrebné pre moduly.

V naväzujúcej diplomovej práci príde k celkovej implementácii aplikácie a jej následnému otestovaniu na konfiguráciách z virtuálnych zariadení ako aj na zariadeniach z reálnej prevádzky. Bude vytvorená dokumentácia a API, ktoré budú umožňovať pridávanie modulov ďalšími prispievateľmi a tým rozšíriť použiteľnosť aplikácie na ďalších výrobcov.

Literatúra

[1] MILKOVICH, Devon. 13 Alarming Cyber Security Facts and Stats. In: *Cybint* [online]. 3.12.2018 [cit. 2019-11-08]. Dostupné z: https://www.cybintsolutions.com/cyber-security-facts-stats/

[2] MCMILLAN, Troy. *CCNA security study guide: exam 210-260*. Indianapolis, Indiana: Sybex, a Wiley Brand, 2018. ISBN 978-111-9409-939.

[3] VYNCKE, Eric a Christopher PAGGEN. *LAN switch security: What hackers know about your switches*. Indianapolis, IN: Cisco Press, 2008. ISBN :978-1-58705-256-9.

[4] STALLINGS, William. *Network security essentials: applications and standards*. 4th ed. Boston: Prentice Hall, 2011. ISBN 978-0-13-610805-4.

[5] JACKSON, Chris. *Network security auditing*. Indianapolis, IN: Cisco Press, 2010. Cisco Press networking technology series. ISBN 978-1-58705-352-8.

[6] Guide for Conducting Risk Assessments: NIST Special Publication 800-30. In: *NIST* [online]. 2012 [cit. 2019-11-08]. Dostupné z: https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-30r1.pdf

[7] LAMMLE, Todd. *CCNA: routing and switching : study guide*. Indianapolis, Indiana: SYBEX, [2013]. ISBN 978-1-118-74961-6.

[8] SINGH, Shashank. Cisco Guide to Harden Cisco IOS Devices. In: *Cisco* [online]. 2018 [cit. 2019-11-02]. Dostupné z: https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/ip/access-lists/13608-21.html

[9] PEPELNJAK, Ivan. Management, Control and Data Planes in Network Devices and Systems. In: *IpSpace* [online]. 2013 [cit. 2019-11-17]. Dostupné z: https://blog.ipspace.net/2013/08/management-control-and-data-planes-in.html

[10] CIS Cisco IOS 15 Benchmark. In: *Center For Internet Security* [online]. 2015 [cit. 2019-11-02]. Dostupné z: https://www.cisecurity.org/benchmark/cisco/

[11] BARKER, Elaine a Allen ROGINSKY. Transitioning the Use of Cryptographic Algorithms and Key Lengths. In: *NIST* [online]. 2019 [cit. 2019-11-02]. Dostupné z: https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.800-131Ar2.pdf

[12] Special-Purpose IP Address Registries. In: *IETF* [online]. [cit. 2019-1 2-08]. Dostupné z: https://tools.ietf.org/html/rfc6890

[13] Updates to the Special-Purpose IP Address Registries. In: *IETF* [online]. [cit. 2019-12-08]. Dostupné z: https://tools.ietf.org/html/rfc8190

[14] Special-Use IPv6 Addresses. In: *IETF* [online]. [cit. 2019-12-08]. Dostupné z: https://tools.ietf.org/html/rfc5156

[15] GRÉGR, Matěj a Tomáš PODERMAŃSKI. Bezpečné IPv6: vícehlavý útočník. In: *ROOT.CZ* [online]. 26.2.2015 [cit. 2019-11-02]. Dostupné z: https://www.root.cz/clanky/bezpecne-ipv6-vicehlavy-utocnik/

[16] PODERMAŃSKI, Tomáš a Matěj GRÉGR. Bezpečné IPv6: trable s hlavičkami. In: *ROOT.CZ* [online]. 19.2.2015 [cit. 2019-11-02]. Dostupné z: https://www.root.cz/clanky/bezpecne-ipv6-trable-s-hlavickami/

[17] Implications of Oversized IPv6 Header Chains. In: *IETF* [online]. 2014 [cit. 2019-12-18]. Dostupné z: https://tools.ietf.org/html/rfc7112

[18] KHANDELWAL, Manjul. OSPF Security: Attacks and Defenses. In: *SANOG* [online]. 2016 [cit. 2019-11-04]. Dostupné z: https://www.sanog.org/resources/sanog28/SANOG28-Tutorial_OSPF-Security-Attacks-and-Defences-Manjul.pdf

[19] Understanding BGP TTL Security. In: *PacketLife* [online]. 2009 [cit. 2019-11-30]. Dostupné z: https://packetlife.net/blog/2009/nov/23/understanding-bgp-ttl-security/

[20] GRAESSER, Dana. Cisco Router Hardening Step-by-Step. In: *SANS Institute* [online]. 2001 [cit. 2019-11-02]. Dostupné z: https://www.sans.org/reading-room/whitepapers/firewalls/paper/794

[21] Cisco SAFE Reference Guide. In: *CIsco* [online]. San Jose, CA, 8 Júl 2018 [cit. 2019-11-02]. Dostupné z: https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/solutions/Enterprise/Security/SAFE_RG/SAFE_

[22] NTP Amplification DDoS Attack. In: *Cloudflare* [online]. [cit. 2019-12-01]. Dostupné z: https://www.cloudflare.com/learning/ddos/ntp-amplification-ddos-attack/

[23] The NTP FAQ and HOWTO. In: *Network Time Protocol* [online]. [cit. 2019-12-01]. Dostupné z: http://www.ntp.org/ntpfaq/NTP-s-algo-crypt.htm

[24] VLAN Hopping: How to Prevent an Attack. In: *AT&T Cybersecurity* [online]. 2018 [cit. 2019-12-03]. Dostupné z: https://www.alienvault.com/blogs/security-essentials/vlan-hopping-and-mitigation

[25] SATRAPA, Pavel. *IPv6: internetový protokol verze 6*. 4. aktualizované a rozšířené vydání. Praha: CZ.NIC, z.s.p.o., 2019. CZ.NIC. ISBN 978-808-8168-430.

[26] Bezpečné IPv6: příliš mnoho sousedů. In: *ROOT.CZ* [online]. 2015 [cit. 2019-12-08]. Dostupné z: https://www.root.cz/clanky/bezpecne-ipv6-prilis-mnoho-sousedu/

[27] ALSADEH, Ahmad. Augmented SEND: Aligning Security, Privacy, and Usability. In: *RIPE NCC* [online]. 12.5.2015 [cit. 2019-11-02]. Dostupné z: https://ripe70.ripe.net/presentations/67-RIPE70-SEND.pdf

[28] GRÉGR, Matěj a Tomáš PODERMAŃSKI. Bezpečné IPv6 : směrovač se hlásí. In: *ROOT.CZ* [online]. 5.2.2015 [cit. 2019-11-02]. Dostupné z: https://www.root.cz/clanky/bezpecne-ipv6-smerovac-se-hlasi/

[29] PODERMAŃSKI, Tomáš a Matěj GRÉGR. Bezpečné IPv6: zkrocení zlých směrovačů. In: *ROOT.CZ* [online]. 12.2.2015 [cit. 2019-11-02]. Dostupné z: https://www.root.cz/clanky/bezpecne-ipv6-zkroceni-zlych-smerovacu/

[30] Security Implications of IPv6 Fragmentation with IPv6 Neighbor Discovery. In: *IETF* [online]. [cit. 2019-12-08]. Dostupné z: https://tools.ietf.org/html/rfc6980

[31] PODERMAŃSKI, Tomáš a Matěj GRÉGR. Bezpečné IPv6: když dojde keš. In: *ROOT.CZ* [online]. 12.3.2015 [cit. 2019-11-02]. Dostupné z: https://www.root.cz/clanky/bezpecne-ipv6-kdyz-dojde-kes/

[32] PODERMAŃSKI, Tomáš a Matěj GRÉGR. Bezpečné IPv6: když dojde keš — obrana. In: *ROOT.CZ* [online]. 19.3.2015 [cit. 2019-11-02]. Dostupné z: https://www.root.cz/clanky/bezpecne-ipv6-kdyz-dojde-kes-obrana/

[33] PODERMAŃSKI, Tomáš a Matěj GRÉGR. Bezpečné IPv6: trable s multicastem. In: *ROOT.CZ* [online]. 5.3.2015 [cit. 2019-11-02]. Dostupné z: https://www.root.cz/clanky/bezpecne-ipv6-trable-s-multicastem/

[34] REY, Enno, Antonios ATLASIS a Jayson SALAZAR. MLD Considered Harmful. In: *RIPE NCC* [online]. 2016 [cit. 2019-11-02]. Dostupné z: https://ripe72.ripe.net/presentations/74-ERNW_RIPE72_MLD_Considered_Harmful_v1_light_web.pdf

[35] IPv6 First-Hop Security Configuration Guide. In: *Cisco* [online]. San Jose [cit. 2019-11-02]. Dostupné z: https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/ipv6_fhsec/configuration/15-1sg/ip6f-15-1sg-book.pdf

[36] BOUŠKA, Petr. Cisco IOS 11 - IEEE 802.1x, autentizace k portu, MS IAS. In: *SAMURAJ-cz* [online]. 2007 [cit. 2019-12-09]. Dostupné z: https://www.samuraj-cz.com/clanek/cisco-ios-11-ieee-802-1x-autentizace-k-portu-ms-ias/

[37] BOUŠKA, Petr. *Cisco IOS 12 - IEEE 802.1x a pokročilejší funkce* In:*SAMURAJ-cz* [online]. 2007 [cit. 2019-11-02]. Dostupné z: https://www.samuraj-cz.com/clanek/cisco-ios-12-ieee-802-1x-a-pokrocilejsi-funkce/

[38] MOLENAAR, René. Cisco IOS features that you should disable or restrict. In: *NetworkLessons.com* [online]. [cit. 2019-11-02]. Dostupné z: https://networklessons.com/uncategorized/cisco-ios-features-that-you-should-disable-or-restrict

[39] BOUŠKA, Petr. Cisco IOS 23 - Autentizace uživatele na switchi vůči Active Directory. In: *SAMURAJ-cz* [online]. 2009 [cit. 2019-11-02]. Dostupné z: https://www.samuraj-cz.com/clanek/cisco-ios-23-autentizace-uzivatele-na-switchi-vuci-active-directory/

[40] VYNCKE, Erik. ND on wireless links and/or with sleeping nodes. In: *IETF* [online]. [cit. 2019-11-02]. Dostupné z: https://www.ietf.org/proceedings/89/slides/slides-89-v6ops-3.pdf

[41] VYNCKE, Erik. IPv6 First Hop Security: the IPv6 version of DHCP snooping and dynamic ARP inspection. In: *Slidde Share* [online]. 2012 [cit. 2019-11-02]. Dostupné z: https://www.slideshare.net/IKTNorge/eric-vyncke-layer2-security-ipv6-norway

[42] GREGR, Matej, Petr MATOUSEK, Miroslav SVEDA a Tomas PODERMANSKI. Practical IPv6 monitoring-challenges and techniques. In: *12th IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management (IM 2011) and Workshops*. IEEE, 2011, 2011, s. 650-653. DOI: 10.1109/INM.2011.5990647. ISBN 978-1-4244-9219-0. Dostupné také z: http://ieeexplore.ieee.org/document/5990647/

[43] MARTIN, Tim. IPv6 Sys Admin Style. In: *SlideShare* [online]. 2016 [cit. 2019-11-02]. Dostupné z: https://www.slideshare.net/tjmartin2020/ipv6-sysadmins-63071235

[44] SAFE Overview Guide: Threats, Capabilities, and the Security Reference Architecture. In: *Cisco* [online]. Január 2018 [cit. 2019-11-02]. Dostupné z: https://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/enterprise/design-zone-security/safe-overview-guide.pdf

[45] AKIN, Thomas. *Hardening Cisco routers*. Sebastopol: O'Reilly, 2002. ISBN 05-960-0166-5.

[46] HUCABY, Dave, Steve MCQUERRY, Andrew WHITAKER a Dave HUCABY. *Cisco router configuration handbook*. 2nd ed. Indianapolis, IN: Cisco Press, 2010. ISBN 978-1-58714-116-4.

[47] Port Knocking. In: *Mikrotik* [online]. [cit. 2019-12-09]. Dostupné z: https://wiki.mikrotik.com/wiki/Port_Knocking

[48] DOOLEY, Kevin a Ian J. BROWN. *Cisco IOS cookbook*. 2nd ed. (Revised and updated). Sebastopol, CA: O'Reilly, 2007. ISBN 05-965-2722-5.

[49] Protocol-Independent Routing Properties Feature Guide. In: *Juniper* [on line]. 2019 [cit. 2019-12-09]. Dostupné z: https://www.juniper.net/documentation/en_US/junos/topics/reference/configuration-statement/router-id-edit-routing- options.html

[50] TISO, John a Keith HUTTON. *Designing Cisco network service architectures (ARCH)*. 3rd ed. Indianapolis, IN: Cisco Press, 2012. ISBN 15-871-4288-0.

[51] Cisco Config Analysis Tool. *GitHub* [online]. [cit. 2019-12-11]. Dostupné z: https://github.com/cisco-config-analysis-tool/ccat

[52] Router connectivity visualization and compliance auditing. *GitHub* [online]. [cit. 2019-12-11]. Dostupné z: https://github.com/asifhj/Router-Auditing-Tool

[53] SWAROOP, C H. A Byte of Python. In: *Swaroopch* [online]. [cit. 2019-12-14]. Dostupné z: https://python.swaroopch.com/about_python.html

[54] YAML: YAML Ain't Markup Language. In: *YAML* [online]. [cit. 2019-12-14]. Dostupné z: https://yaml.org/

[55] Python RegEx. In: *W3schools* [online]. [cit. 2019-12-14]. Dostupné z: https://www.w3schools.com/python/python_regex.asp

Zoznam symbolov, veličín a skratiek

CIA	confidentiality, integrity, availability – dôvernosť, integrita, dostupnosť
DDoS	Distributed Denial of Service – distribuované odoprenie služby
DoS	Denial of Service – odoprenie služby
ACL	Access Control List – zoznam pre riadenie prístupu
CVSS	Common Vulnerability Scoring System
IDS	Intrusion Detection System – systém detekcie narušenia
IPS	Intrusion Prevention System – systém prevencie prienikov
FHRP	First Hop Redundancy Protocol
SNMP	Simple Network Management Protocol
AAA	Authentication Authorization Accounting
SSH	Secure Shel
OSPF	Open Shortest Path First
LAN	Local Area Network
IP	Internet Protocol
IPv6	Internet Protocol version 6
VLAN	Virtual LAN
ARP	Address Resolution Protocol
MAC	Media Access Control
LLDP	Link Layer Discovery Protocol
CDP	Cisco Discovery Protocol
API	Application Programming Interface
GUI	Graphical User Interface – grafické užívateľské rozhranie
uRPF	Unicast Reverse Path Forwarding
BGP	Border Gateway Protocol
TTL	Time To Live
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
NTP	Network Time Protocol
SNMP	Simple Network Management Protocol
TCP	Transmission Control Protocol
UDP	User Datagram Protocol
PTP	Precision Time Protocol
SCP	Secure Copy Protocol
TFTP	Trivial File Transfer Protocol
SFTP	Secure File Transfer Protocol
ICMP	Internet Control Message Protocol
VPN	Virtual Private Network – Virtuálna privátna sieť

PPTP	Point-to-Point Tunneling Protocol
L2TP	Layer 2 Tunneling Protocol
IPSec	IP Security
MLD	Multicast Listener Discovery
IGMP	Internet Group Management Protocol
VRRP	Virtual Router Redundancy Protocol
HSRP	Hot Standby Redundancy Protocol
GLBP	Gateway Load Balancing Protocol
STP	Spanning Tree Protocol
DTP	Dynamic Trunking Protocol
EAP	Extensible Authentication Protocol
PEAP	Protected Extensible Authentication Protocol
EAPoL	Extensible Authentication Protocol over LAN
VTP	Virtual Trunking Protocol
MVRP	Multiple VLAN Registration Protocol
ICMP	Internet Control Message Protocol
ICMPv6	Internet Control Message Protocol version 6
SEND	Secure Neighbor Discovery

Zoznam príloh

A Kontrolný zoznam odporúčaní pre zariadenia CISCO

Tab. A.1: Rozpracovaná tabuľka s príkazmi na konfiguráciu zariadení od spoločnosti Cisco

Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Príkazy
Nemožná identifikácia zariadenia	Vytvoriť hostname	`hostname <hostname>`
Nemožnosť vzdialeného prístupu	Vytvoriť doménové meno	`ip domain-name <domain>`

Nepovolený prístup k manažovaniu zariadenia	Vytvoriť a aplikovať ACL pre Telnet, SSH a pod. a zaznamenať v logu prístupy	`ip access-list standard <acl name>`
		` remark permit specifi ip and log`
		` permit <ip address> <mask> log-input`
		` remark deny other and log`
		` deny any log-input`
		`ipv6 access-list <acl name>`
		` remark permit specifi ip and log`
		` permit <ipv6 address>/<prefix> any log-input`
		` remark deny other and log`
		` deny any any log-input`
		alebo v global config
		`login on-failure log-input`
		`login on-failure trap`
		`login on-failure`
		`login on-success log-input`
		`login on-success trap`
		`login on-success`

Nepovolený prístup k manažovaniu zariadenia	Vytvoriť a aplikovať ACL pre Telnet, SSH a pod. a zaznamenať v logu prístupy	`line vty <num> <num>`
		` ip access-class <acl name> in`
		` ipv6 access-class <acl name> in`
		`line tty <num> <num>`
		` ip access-class <acl name> in`
		` ipv6 access-class <acl name> in`

Neautorizovaný prístup cez nepoužívané a nezabezpečené protokoly na manažment zariadení	Vypnúť nepoužívané protokoly na prístup k manažovaniu zariadení (telnet a pod.)	`line aux 0`
		` no exec`
		` transport input none`

Prístup bez požadovaných prístupových údajov	Nakonfigurovanie protokolov na manažment zariadení, aby požadovali prístupové údaje (telnet a pod.)	`line vty <num> <num>  password`
		` login | login local`
		`line tty <num> <num>`
		` password`
		` login | login local`
		`line con <num>`
		` password`
		` login | login local`
		`line aux <num>`
		` password`
		` login | login local`

Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Príkazy

Nepoužívanie zabezpečeného protokolu na manažment zariadení môže viesť k odposluchu	Zapnutie SSH	`line vty <num> <num>`
		` login local`
		` transport input ssh`

Nebezpečná verzia 1 protokolu SSH	SSH verzia 2	`ip ssh version 2`
Dlhé neaktívne sedenie môže byť zneužité alebo aj fyzický prístup útočníka k aktívnemu sedeniu môže viesť k zmene konfigurácie	SSH čas vypršania sedenia	`ip ssh timeout <timeout seconds>`
Útok na krátky RSA kľúč	Dĺžka RSA kľúča minimálne 2048 bitov	`crypto key generate rsa modulus 2048`
Hádanie hesla k RSA kľúču	SSH maximálny počet neúspešných pokusov	`ip ssh authentication-retries <max num>`
Útok hrubou silou na zistenie prihlasovacích údajov	Špecifikovať čas po ktorý nie je možné po N pokusoch sa prihlásiť	`login block-for 60 attempts 3 within 30`
Prihlásenie na zariadenie nie je možné kvôli zablokovaniu pre príliš veľa neúspešných pokusov	Povolenie prístupu administrátorovi na základe IP adresy, keď je protokol na manažovanie zariadení nedostupný kvôli DOS útoku	`login quiet-mode access-class <acl name>`

Možné prihlásenie do zariadenia cez telnet keď je prítomné SSH	Zakázať telnet ak je SSH aktívne	`line vty <num> <num>`
		` no transport input all`
		` no transport input telnet`
		`line tty <num> <num>`
		` no transport input all`
		` no transport input telnet`
		`line con <num>`
		` no transport input all`
		` no transport input telnet`
		`line aux <num>`
		` no transport input all`
		` no transport input telnet`

Útočník nie je informovaný o právnych následkoch	Právne upozornenie pri prístupe k zariadeniu	`banner motd`
		`banner login`
		`banner exec`

Dlhé neaktívne sedenie môže byť zneužité alebo aj fyzický prístup útočníka k aktívnemu sedeniu môže viesť k zmene konfigurácie	Čas vypršania sedenia pre protokol na manažovanie zariadení	`line vty <num> <num>`
		`exec-timeout 5`
		`line tty <num> <num>`
		` exec-timeout 5`
		`line con <num>`
		` exec-timeout 5`
		`line aux <num>`
		` exec-timeout 5`

Možnosť prečítať heslá z uniknutých konfigurácií	Zašifrovanie hesiel v otvorenej podobe	`service password-encryption`

Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Príkazy
Nepovolená zmena konfigurácie zariadenia	Vytvorenie hesla na editovanie konfigurácie zariadenia	`enable secret <secret password>`
Nepovolená zmena konfigurácie zariadenia	Vytvorenie hesla na editovanie konfigurácie zariadenia	`no enable password <password>`
Nepovolený prístup k manažmentu konfigurácie zariadenia	Lokálne zabezpečené účty	`username secret <username> <secret password>`
Nepovolený prístup k manažmentu konfigurácie zariadenia	Lokálne zabezpečené účty	`no username password <username> <password>`

Centrálna správa prihlásení a dohľadateľnosť zmien v konfigurácií	Definovanie a povolenie AAA serveru na prihlásenie a definovanie záložného prihlásenia	`aaa new-model`
		`radius server <radius server name>`
		` address ipv4 <ip adddress> / address ipv6 <ipv6 adddress>`
		` key <password>`
		alebo
		`radius-server host <ip adddress>`
		`radius-server key <password>`
		`aaa group server radius <radius group>`
		` server name <radius server name>`
		`aaa authentication login default / <radius login> group`
		` <radius group> local enable`
		`line tty <num> <num>`
		` login authentication default / <radius login>`
		`line vty <num> <num>`
		` login authentication default / <radius login>`
		`line con <num>`
		` login authentication default / <radius login>`
		`line aux <num>`
		` login authentication default / <radius login>`

Centrálna správa prihlásení a dohľadateľnosť zmien v konfigurácií	Definovanie a povolenie AAA serveru na prihlásenie a definovanie záložného prihlásenia	`aaa new-model`
		`tacacs server <tacacs server name>`
		` address ipv4 <ip adddress> / address ipv6 <ipv6 adddress>`
		` key <password>`
		alebo
		`tacacs-server host <ip adddress>`
		`tacacs-server key <password>`
		`aaa group server tacacs <tacacs group>`
		` server name <tacacs server name>`
		`aaa authentication login default / <tacacs login> group`
		` <tacacs group> local enable`
		`line tty <num> <num>`
		` login authentication default / <tacacs login>`
		`line vty <num> <num>`
		` login authentication default / <tacacs login>`
		`line con <num>`
		` login authentication default / <tacacs login>`
		`line aux <num>`
		` login authentication default / <tacacs login>`

Centrálna správa prihlásení a dohľadateľnosť zmien v konfigurácií	Definovanie a povolenie AAA serveru na editáciu konfigurácií a definovanie záložného prihlásenia	`aaa authentication enable default group` ` <radius group> enable`

Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Príkazy
Centrálna správa prihlásení a dohľadateľnosť zmien v konfigurácií	Definovanie a povolenie AAA serveru na editáciu konfigurácií a definovanie záložného prihlásenia	`no aaa authentication enable default enable`
Hádanie prístupových údajov	Definovanie maximálneho počtu neúspešných pokusov o prihlásenie a následné zablokovanie účtu	`aaa authentication attempts login 3`
Prihlásenie bez prihlasovacích údajov	Zakázať záložné prihlásenie bez poskytnutia autentizačných prostriedkov	vyhnúť sa `aaa authentication login.*none.*`
AAA používa primárne lokálne účty namiesto centralizovaných na serveri	AAA nesmie používať ako prvú možnosť prihlásenia lokálny účet	vyhnúť sa `authentication login default local`
Používateľ prihlásený do zariadenia môže spúšťať akékoľvek príkazy	Nastavenie AAA autorizácie pre spúšťanie príkazov. V prípade výpadku AAA serveru, bude užívateľ odhlásený a následne prihlásený podľa záložného prihlásenia, aby mu nebolo pridelené vysoké oprávnenie umožňujúce vykonávať príkazy, na ktoré nemá právo	`aaa authorization exec <radius login> group <radius group> local if-authenticated`
Používateľ prihlásený do zariadenia môže spúšťať akékoľvek príkazy	Nastavenie AAA autorizácie pre spúšťanie príkazov. V prípade výpadku AAA serveru, bude užívateľ odhlásený a následne prihlásený podľa záložného prihlásenia, aby mu nebolo pridelené vysoké oprávnenie umožňujúce vykonávať príkazy, na ktoré nemá právo	`aaa authorization commands 15 <radius login> group <radius group> local if-authenticated`

Administrátor vloží zlý príkaz a po čase je ho nemožné dohľadať a zjednať nápravu	Nastavenie AAA účtovania respektíve logovania pripojení a vykonaných príkazov	`aaa accounting connection`
		`aaa accounting commands`
		`aaa accounting exec`

Odpočúvanie SNMP verzie 1 a 2c	Použitie SNMP verzie 3 pokiaľ je SNMP používané	`no snmp-server community no snmp-server host version 1/2c snmp-server group <group name> v3 priv`

Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Príkazy
AAA zdrojové rozhranie nie je rovnaké pri každom reštarte	Definovanie loopback zdrojového rozhrania pre AAA	`ip radius source interface loopback <id>` `ip tacacs source interface loopback <id>`
Modifikovanie konfigurácie pomocou SNMP	Obmedzenie SNMP iba na čítanie	`snmp-server view <view name> iso included` `snmp-server group <group name> v3 priv read <view name>`

Neoprávnený prístup k SNMP informáciám	Obmedzenie SNMP iba pre vybrané IP adresy	`ip access-list standard <acl name>`
		` remark permit only this IP`
		` permit <ip address> <wildcard mask>`
		` deny any log-input`
		`ipv6 access-list <acl name>`
		` remark permit only this IP`
		` permit <ipv6 address>/<prefix> any`
		` remark deny other`
		` deny any any log-input`
		`snmp-server group <group name> v3 priv read <view name>`
		`access <acl name>`

Administrátor nemá povedomie o problémoch na zariadení	Povolenie asynchrónnych správ SNMP TRAP	`snmp-server host <ip adddress> traps version 3 priv <user>` `snmp-server host <ip adddress> version 3 priv <user>`
Odpočúvanie SNMP sedenie z dôvodu slabého šifrovania a hashovacej funkcie	Vytvorenie SNMP verzie 3 užívateľa s minimálnym šifrovaním AES 128 bit a hashovacou funkciou SHA	`snmp-server user <user> <group name> v3 auth sha` ` <password> pri aes 128 <password>`
Sťažená identifikácia SNMP správ z rôznych IP	Definovanie lokácie SNMP serveru	`snmp-server location <location>`
SNMP zdrojové rozhranie nie je rovnaké pri každom reštarte	Definovanie loopback zdrojového rozhrania pre SNMP	`snmp-server trap-source loopback <id>`
Zmeny názvov rozhraní medzi reštartami a nemožnosť monitorovanie pomocou SNMP	SNMP statické nemenné meno rozhrania aj po reštarte zariadenia	`snmp-server ifindex persist`
Administrátor nemá povedomie o problémoch na zariadení	Povolenie logovania protokolom SYSLOG a špecifikovanie IP adresy SYSLOG serveru	`logging on logging host <ip adddress>`
Neprijímanie všetkých dôležitých incidentov na zariadení z protokolu SYSLOG	Špecifikovanie dôležitosti oznámení SYSLOG na INFORMATIONAL	`logging trap informational`
SYSLOG zdrojové rozhranie nie je rovnaké pri každom reštarte	Definovanie loopback zdrojového rozhrania pre SYSLOG	`logging source-interface loopback <id>`
Nedostatočné a neštandardné formáty času pri logovacích správach	Definovanie formátu času pre logovacie a ladiace výstupy	`service timestamp log datetime` `service timestamp debug datetime`

Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Príkazy
Administrátor nevidí dôležité incidenty pri prihlásení a konfigurovaní cez konzolu	Vypisovanie SYSLOG správ CRITICAL a dôležitejších do terminálu	`logging console critical`
Malá vyrovnávacia pamäť pre SYSLOG je dôvodom zahadzovanie správ	Definovanie veľkosti SYSLOG buffera dôležitosti oznámení na INFORMATIONAL	`logging buffered 64000 6`
Neprístupný SYSLOG server spôsobuje zahadzovanie dôležitých syslog správ	Definovanie dočasného úložiska SYSLOG správ v prípade nedostupnosti servera	`logging persistent url flash:/syslog`

Skenovanie a zistenie informácií o sieti za pomoci protokolu CDP a využitie bezpečnostných chýb	Zakázanie protokolu CDP	`no cdp run`
		`interface <interface name> <interface id>`
		`no cdp enable`

Skenovanie a zistenie informácií o sieti za pomoci protokolu LLDP a využitie bezpečnostných chýb	Zakázanie protokolu LLDP	`no lldp run`
		`interface <interface name> <interface id>`
		`no lldp receive`
		`no lldp transmit`

Nekonzistencia časov v logoch a problém pričlenenia logov k relevantným incidentom	Nastavenie NTP serveru pre aktuálny čas v logoch	`ntp server <ip adddress>`

Pripojenie servera s rovnakou IP adresou, ale falošným časom	Nastavenie NTP autentizácie	`ntp authenticate`
		`ntp authentication-key 1 md5 <password>`
		`trusted-key 1`

NTP zdrojové rozhranie nie je rovnaké pri každom reštarte	Definovanie loopback zdrojového rozhrania pre NTP	`ntp source loopback <id>`
Väčšia bezpečnosť (pub/priv key) NTP a podpora IPv6	Použitie NTP verzie 4	`ntp server <ip adddress> version 4`

Falošný čas od podvrhnutého NTP zdroja	Nastavenie NTP peer s inými sieťovými zariadeniami na krížovú validáciu času a záložný zdroj času	`ntp peer <ip adddress>`
		`ip access-list standard <acl name>`
		`remark permit only this IP`
		`permit <ip adddress> <wildcard mask>`
		`remark deny other`
		`deny any log-input`
		`ntp access-group serve-only <acl name>`
		`interface <interface name> <interface id>`
		`ntp disable`

Útočník s fyzickým prístupom k zariadeniu alebo portu môže odpočúvať alebo posielať škodlivý obsah	Explicitne zakázať nepoužívané porty	`interface <interface name> <interface id>` `shutdown`
Zdrojové rozhranie pre management a control protokoly	Vytvoriť Loopback rozhranie s IP adresou	`interface loopback <id>` `ip address <ip paddress>`

Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Príkazy

Identifikácia pravidla v ACL	Popis každého pravidla v ACL pre lepšiu identifikáciu	`ip access-list standard <acl name>`
		` remark Deny SNMP from VLAN 20`
		` deny ip <ip address> <wildcard mask>`
		`ipv6 access-list <acl name>`
		` remark Deny SNMP from VLAN 20`
		` deny <ipv6 address> <prefix> any`

Identifikácia rozhrania	Popis každého rozhrania	`interface <interface name> <interface id>` ` description PRODUCTION_SERVER`
SSH zdrojové rozhranie nie je rovnaké pri každom reštarte	Definovanie loopback zdrojového rozhrania pre SSH	`ip ssh source-interface loopback <id>`

DOS útok na štandardný SSH port 22	Špecifikovanie iného portu pre SSH ako štandardného alebo aplikovanie port knocking	`ip ssh port 2223`
		alebo
		`ip access-list extended <acl name>`
		` remark *** KNOCK ***`
		` permit udp any any eq 65535 log-input`
		` remark *** TRUSTED ***`
		` permit tcp any any established`
		` remark *** DENIED ***`
		` deny tcp any any log input`
		` remark *** PERMITED ***`
		` permit ip any any`
		`interface <interface name> <interface id>`
		` ip access-group <acl name>`
		` ipv6 traffic-filter <acl name>`
		`event manager environment <env name> <acl name>`
		`event manager applet KNOCK`
		` event syslog pattern "%SEC-6-IPACCESSLOGP: list $KNOCK_ACL`
		`  permitted *"`
		` action 1.0 regexp`
		`"[0-9]+\.[0-9]+\.[0-9]+\.[0-9]+"$_syslog_msg ADDR`
		` action 1.1 regexp "\([0-9]+\),$_syslog_msg"PORT`
		` action 1.2 regexp "[0-9]+$PORT"PORT`
		` action 2.0 syslog msg "Received a knock from $ADDR on port`
		`$PORT..."`
		` action 2.1 syslog msg Ädding $ADDR to the $KNOCK_ACL ACL"`
		` action 3.0 cli command ënable"`
		` action 3.1 cli command "configure terminal"`
		` action 3.2 cli command ïp access-list extended $KNOCK_ACL"`
		` action 3.3 cli command "1 permit tcp host $ADDR any eq 22"`
		` action 4.0 WAIT 15`
		` action 5.0 syslog msg "Removing $ADDR to the $KNOCK_ACL`
		`ACL"`
		` action 6.0 cli command "no permit tcp host $ADDR any eq 22"`
		` action 6.1 cli command ëxit"`

Nepovolený prístup k manažmentu konfigurácie zariadenia	Vypnutie odchádzajúcich spojení pre protokoly na manažment zariadení pokiaľ sa nepoužívajú (telnet a pod.)	`line vty <num> <num>`
		` transport output none`
		`line tty <num> <num>`
		` transport output none`
		`line con <num>`
		` transport output none`
		`line aux <num>`
		` transport output none`

Odpočúvanie konfigurácií zariadení pri zálohe	Zapnutie zabezpečenej zálohy na server (SFTP, SCP)	`ip scp server enable` `copy startup-config scp://<username>@<ip address>/backup`

Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Príkazy
Vymazanie konfigurácie	Zapnutie ochrany pred výmazom konfigurácie	`secure boot config`

Možnosť urobiť diff zmien konfigurácií a jej návrat	Periodické zálohovanie konfigurácie a logovanie jej zmien	`archive write-memory`
		`time-period <num>`
		`log changes`
		`log config`
		`logging enable`
		`logging size <num>`
		`hidekeys`
		`notify syslog`
		`maximum <num>`

DOS útok alebo pokus o prístup k tomu, čo nie je povolené	Logovanie pravidiel zahodenia paketov v ACL	`ip access-list standard <acl name>`
		` deny any log-input`
		`ipv6 access-list <acl name>`
		` deny any any log-input`

Nízky stav voľnej pamäte	Nastavenie notifikácie pri dochádzaní pamäte	`memory free low-watermark processor <threshold>` `memory free low-watermark io <threshold>`
Logovacie správy nemôžu byť zaznamenané kvôli nedostatku pamäte	Rezervovanie pamäte pre kritické notifikácie pri nedostatku pamäte	`memory reserve critical <value>`

Vysoké zaťaženie CPU	Nastavenie notifikácie vysokom zaťažení CPU	`snmp-server enable traps cpu threshold`
		`snmp-server host <ip adddress> version 3 priv <user> cpu`
		`process cpu threshold type <type> rising`
		` <percentage> interval <seconds>`
		`process cpu statistics limit entry-percentage`

Vysoké zaťaženie zariadenia spôsobilo nemožnosť prihlásenia k nemu	Rezervovanie pamäte pre protokoly na manažment zariadení pri nedostatku pamäte	`memory reserve console 4096`

Pretečenie pamäte	Povoliť mechanizmy na detekciu pretečenia pamäte	`exception memory ignore overflow io`
		`exception memory ignore overflow processor`
		`exception crashinfo maximum files <number-of-files>`

Načítanie škodlivej konfigurácie zo siete počas bootovania	Vypnutie načítania operačného systému alebo konfigurácie zo siete pokiaľ to nie je nutné	`no boot network no service config`
Proxy ARP môže viesť k obídeniu PVLAN a rozširuje broadcast doménu	Vypnutie Proxy ARP	`no proxy-arp`
DOS útok na stanicu, cez ktorú bola špecifikovaná cesta a teda nemožnosť komunikácie s koncovým bodom. Alebo zosnovanie MITM útoku	Vypnutie IP source routing	`no ip source-route`
DOS útok pomocou podvrhnutej IP adresy alebo vzdialený útok na smerovací protokol	Zapnutie reverse path forwarding strict/loose mode	`ip verify unicast source reachable-via rx`

Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Príkazy
Nepoužívané, staré a nezabezpečené služby môžu byť použité na škodlivé účely	Vypnutie nepoužívaných služieb z bezpečnostných dôvodov a na šetrenie CPU a pamäte	`no ip bootp server`
Nepoužívané, staré a nezabezpečené služby môžu byť použité na škodlivé účely	Vypnutie nepoužívaných služieb z bezpečnostných dôvodov a na šetrenie CPU a pamäte	`no service pad`
Nepoužívané, staré a nezabezpečené služby môžu byť použité na škodlivé účely	Vypnutie nepoužívaných služieb z bezpečnostných dôvodov a na šetrenie CPU a pamäte	`no ip identd`
Nepoužívané, staré a nezabezpečené služby môžu byť použité na škodlivé účely	Vypnutie nepoužívaných služieb z bezpečnostných dôvodov a na šetrenie CPU a pamäte	`no vstack`
Nepoužívané, staré a nezabezpečené služby môžu byť použité na škodlivé účely	Vypnutie nepoužívaných služieb z bezpečnostných dôvodov a na šetrenie CPU a pamäte	`no ip http server` `no ip http secure server`
Nepoužívané, staré a nezabezpečené služby môžu byť použité na škodlivé účely	Vypnutie nepoužívaných služieb z bezpečnostných dôvodov a na šetrenie CPU a pamäte	`no service tcp-small-server`
Nepoužívané, staré a nezabezpečené služby môžu byť použité na škodlivé účely	Vypnutie nepoužívaných služieb z bezpečnostných dôvodov a na šetrenie CPU a pamäte	`no service udp-small-server`
Nepoužívané, staré a nezabezpečené služby môžu byť použité na škodlivé účely	Vypnutie nepoužívaných služieb z bezpečnostných dôvodov a na šetrenie CPU a pamäte	`no service finger`
Nepoužívané, staré a nezabezpečené služby môžu byť použité na škodlivé účely	Vypnutie nepoužívaných služieb z bezpečnostných dôvodov a na šetrenie CPU a pamäte	`interface <interface name> <interface id>` `  no mop enabled`
Nepoužívané, staré a nezabezpečené služby môžu byť použité na škodlivé účely	Vypnutie nepoužívaných služieb z bezpečnostných dôvodov a na šetrenie CPU a pamäte	`no ip domain lookup`
Útočník môže zistiť, že IP adresa, na ktorú skúšal ping je nesprávna	Vypnutie správ ICMP Unreachable	`interface <interface name> <interface id>` ` no ip unreachables`
Útočník môže zistiť masku podsiete pomocou ICMP Mask reply	Vypnutie správ ICMP Mask reply	`interface <interface name> <interface id>` ` no ip mask-reply`

Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Príkazy
Umožňuje DOS Smurf útok, mapovanie siete pomocou ping na broadcast adresu vzdialenej siete	Vypnutie ICMP echo správ na broadcast adresu, vypnutie directed broadcasts	`interface <interface name> <interface id>` ` no ip directed-broadcast`
Útočník môže zistiť smerovacie informácie alebo vyťažiť CPU	Vypnutie správ ICMP Redirects	`interface <interface name> <interface id>` ` no ip redirects`
Nekonzistencia konfiguračných súborov pri zmenách konfigurácie viac ako jedným administrátorom	Povoliť súčasne iba jednému administrátorovi vykonávanie zmien v konfigurácii	`configuration mode exclusive auto`
Problém identifikácie SYSLOG správ s rovnakou časovou značkou	Pridanie sekvenčného čísla ku každej syslog správe	`service sequence-numbers`
Nemožnosť prihlásenia pri zaseknutom TCP spojení	Terminovanie zaseknutého TCP spojenia	`service tcp-keepalives-in` `service tcp-keepalives-out`
Vloženie a manipulácia so smerovacími informáciami	Autentizácia smerovacích protokolov (nie heslá v otvorenej podobe)	`router bgp <as number>` ` neighbor <ip address> password <password>`

Vloženie a manipulácia so smerovacími informáciami	Autentizácia smerovacích protokolov (nie heslá v otvorenej podobe)	`key chain <chain name>`
		` key<id>`
		`  key-string <password>`
		`interface <interface name> <interface id>`
		` ip authentication mode eigrp <as> md5`
		` ip authentication keyc-chain eigrp <as> <chain name>`
		` ipv6 authentication mode eigrp <as> md5`
		` ipv6 authentication keyc-chain eigrp <as> <chain name>`

Vloženie a manipulácia so smerovacími informáciami	Autentizácia smerovacích protokolov (nie heslá v otvorenej podobe)	`key chain <chain name>`
		` key<id>   key-string <password>`
		`router ospf <process id>`
		` area <ared id> authentication message-digest`
		` area <area id> authentication key-chain <chain name>`
		`ipv6 router ospf <process id>`
		` area <area id> authentication message-digest`
		`interface <interface name> <interface id>`
		` ip ospf message-digest-key <key id> md5|sha <password>`
		` ip ospf authentication message-digest`
		` ospfv3 authentication md5 0 275761340947681324203120972 7`
		` no ip ospf authentication-key OPENKEY`

Vloženie a manipulácia so smerovacími informáciami	Autentizácia smerovacích protokolov (nie heslá v otvorenej podobe)	`key chain <chain name>`
		` key <id>`
		`  key-string <password>`
		`interface <interface name> <interface id>`
		` ip rip authentication key-chain <chain name>`
		` ip rip authentication mode md5`

OSPF virtuálne linky degradujú výkon	Vypnutie virtuálnych liniek pre OSPF	`no area <area id> virtual-link <ip address>`

Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Príkazy

Koncové zariadenie, užívateľ a útočník môžu vidieť smerovacie správy a topológiu siete alebo pripojenie škodlivého zariadenia, ktoré vysielať a prijímať smerovacie správy	Špecifikovanie rozhraní, ktoré nebudú prijímať smerovacie informácie	`router rip`
		` passive-interface default`
		` no passive-interface <interface name> <interface id>`
		`router ospf <process>`
		` passive-interface default`
		` no passive-interface <interface name> <interface id>`
		`router eigrp <as>`
		` passive-interface default`
		` no passive-interface <interface name> <interface id>`

Nemožnosť sprevádzkovať procesy smerovacích protokolov v určitých prípadoch pri použití IPv6	Špecifikovanie identifikátorov smerovacích protokolov pre každý router (router ID)	`router ospf <process id>|eigrp1<as number>|bgp<as>`
		` router-id <ip-address>`
		`ipv6 router ospf <process-id>`
		`  router-id <ip-address>`

Vysledovateľnosť nefunkčnosti smerovacieho protokolu a nesprávneho nastavenia	Zaznamenanie zmeny v logu pri zmenách v smerovaní	`router eigrp <as>|ospf <process id>|bgp <as>` ` log-neighbor-changes`
Škodlivé vloženie smerovacích informácií informácií, vzdialený útok	TTL security	`hostname <hostname>`

Nesprávne smerovanie kvôli sumarizácií	Vypnutie automatickej sumarizácie smerovacích protokolov	`router rip`
		` no auto-summary`
		`router eigrp <as>`
		` no auto-summary`
		`router bgp <as>`
		` no auto-summary`

Pakety budú spracovávané v CPU, ktoré môže byť preťažené a môže byť zmenené smerovanie na obídenie bezpečnostnej kontroly	Zahadzovanie IPv4 paketov s rozšírenou hlavičkou (IP Options filtering)	`ip options drop`

Odpočúvanie komunikácie cez nezabezpečené tunely	Vypnúť tunely ktoré nie sú zabezpečené alebo zabezpečiť tunely	`crypto isakmp policy <policy id>`
		` encryption aes`
		` authentication pre-shared`
		` group <group id>`
		`crypto isakmp key <key> address <ip address>`
		`crypto ipsec transform-set <set name> esp-aes esp-sha-hmac`
		` crypto map <map name> 10 ipsec-isakmp`
		`  set peer <peer ip>`
		`  set transform <set name>`
		`  match address <acl name>`
		`ip access-list extended <acl name>`
		` permit ip <source ip> <wildcard mask> <destination ip>`
		`  < wildcard mask>`
		`interface <interface name>`
		` crypto map <map name>`
		`interface tunnel <number>`
		` ip address <ip address> <mask>`
		` tunnel source <ip address> <mask>`
		` tunnel destination <ip address> <mask>`

Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Príkazy

Môže byť zneužité odpočúvanie pokiaľ sa používa monitorovanie prevádzky kvôli legislatívnym potrebám (zrkadlenie portov, záznam tokov)	Monitorovanie výkonnosti siete a zber sieťového prenosu kvôli legislatívnym potrebám	`ip flow-export version 9`
		`ip flow-export destination <ip address> <port>`
		`interface <interface name> <interface id>`
		`ip flow ingress`
		`ip flow egress`

Môže byť zneužité odpočúvanie pokiaľ sa používa monitorovanie prevádzky kvôli legislatívnym potrebám (zrkadlenie portov, záznam tokov)	Monitorovanie výkonnosti siete a zber sieťového prenosu kvôli legislatívnym potrebám	`monitor session <session id> source <interface name>`
		`<interface id>`
		`monitor session <session id> destination <interface name>`
		`<interface id>`

IP spoofing	Špecifikácia ACL na zakázanie a logovanie privátnych a špeciálnych IP adries z RFC 6890, RFC 8190	`ip access-list standard <acl name>`
		`remark BLOCK_ADDRESSES RFC 1918, 6890, 8190`
		`deny <ip address> <wildcard mask> log-input`
		`interface <interface name> <interface id>`
		`ip access-group <acl name> in`

IP spoofing	Špecifikácia ACL na zakázanie a logovanie špeciálnych IPv6 adries z RFC 6890, RFC 8190, RFC 5156	`ipv6 access-list <acl name>`
		`remark BLOCK_ADDRESSES RFC 5156,6890,8190`
		`deny <ipv6 address> <prefix> any log-input`
		`interface <interface name> <interface id>`
		`ipv6 traffic-filter <acl name> in`

Rogue root bridge	Rogue root bridge protection (root guard)	`interface <interface name> <interface id>`
		`spanning-tree rootguard`
		alebo
		`spanning-tree guard root`

Pripojenie prepínaču na koncový prístupový port	BPDU protection (BPDU guard)	`spanning-tree portfast bpduguard default`
		alebo
		`interface <interface name> <interface id>`
		`spanning-tree bpduguard enable`
		vyhnúť sa `spanning-tree portfast bpdufilter enable`
		`interface <interface name> <interface id>`
		vyhnúť sa `spanning-tree bpdufilter enable`

Rýchlosť konvergencie	Prístupové porty by sa nemali podieľať na STP procese	`spanning-tree portfast default`
		alebo
		`interface <interface name> <interface id>`
		`spanning-tree portfast`

Jednosmerná komunikácia medzi prepínačmi môže viesť k topológii so slučkami	Špeciálne konfigurácie zaisťujúce bezslučkovú topológiu pomocou STP keď nastane jednosmerná komunikácia (Loop Guard)	`spanning-tree loopguard default`
		alebo
		`interface <interface name> <interface id>`
		`spanning-tree guard loop`

Nemožnosť identifikácie účelu VLAN	Pridanie mena k VLAN	`vlan <id> name <name>`
Špeciálna VLAN pre manažment na obmedzenie prístupu iba pre administrátorov	Vytvorenie separátnej VLAN pre manažment	`vlan <id>` `name MANAGEMENT_VLAN`

Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Príkazy
Útočníkovi s fyzickým prístupom k portu môže byť pridelený prístup do časti siete, ktorá zodpovedá príslušnej VLAN	Vytvorenie špeciálnej black hole VLAN pre nevyužité porty	`vlan <id>` ` name BLACKHOLE_VLAN`

Predvolenej VLAN je povolené prepnuté na akýkoľvek port, VLAN hopping, double tagging	Odobrať všetky porty z predvolenej VLAN	`interface <interface name> <interface id>`
		`  switchport mode access`
		`  switchport access vlan <id>`

Predvolenej VLAN je povolené byť prepnutá na akýkoľvek port, VLAN hopping, double tagging	Vytvorenie natívnej VLAN rozdielnej ako predvolená, priradenie k trunk portu a povolenie iba potrebných portov	`vlan <id> name NATIVE_VLAN`
		`interface <interface name> <interface id>`
		` switchport mode trunk`
		` switchport trunk native vlan <id>`
		` switchport trunk allowed vlan <id>`

DTP útok, Switch spoofing útok	Vypnutie dynamického trunkovacieho protokolu a explicitne určiť porty ako prístupové a trunk	`interface <interface name> <interface id>`
		` switchport mode trunk`
		` no switchport mode dynamic desirable`
		` no switchport mode dynamic auto`
		` switchport nonegotiate`

MAC Spoofing, MAC Flooding	Definovanie maximálne 1 MAC adresy na port, priradenie MAC adresy na port	`interface <interface name> <interface id>`
		` switchport port-security maximum 1`
		` switchport port-security mac-address sticky`
		alebo
		` switchport port-security mac-address static <mac address>`
		` switchport port-security`

MAC Spoofing, MAC Flooding	Nastavenie režimu narušenia, ktorý vypne port alebo informuje správcu o pripojení nepovoleného zariadenia	`interface <interface name> <interface id>`
		` switchport port-security violation mode shutdown`
		` switchport port-security violation mode restrict`
		` no switchport port-security violation mode protect`

Nový prepínač s vyšším číslom revízie, ale s nesprávnou VLAN databázou môže šíriť falošné VLAN identifikátory a spôsobiť nefunkčnosť siete, veľa možných VTP útokov kvôli zraniteľnostiam	Vypnutie MVRP. MRP, GARP, VTP, GVRP po úspešnej propagácií VLAN	`vtp mode transparent`
		alebo
		`vtp off`

VTP musí byť používané	Uprednostniť VTP verzie 3, špecifikovať skryté heslo a zapnúť VTP prunning pokiaľ musí byť VTP zapnuté	`vtp version 3`
		`vtp password <password> hidden`
		`vtp prunning`

Vysoké zaťaženie linky	Poslanie notifikácie pri prekročení prahovej hodnoty zaťaženia linky	`interface <interface name> <interface id>`
		` storm-control unicast level <top level> <down level>`
		` storm-control broadcast level <top level> <down level>`
		` storm-control multicast level <top level> <down level>`
		` storm-control action trap`

Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Príkazy
Využívanie siete nepovolenými používateľmi	Zapnutie 802.1x	dot1x system-auth-control identity profile default interface <interface name> <interface id> dot1x port-control auto alebo access-session port-control auto alebo authentication port-control auto dot1x pae authenticator|supplicant no dot1x port-control force-authorized alebo no access-session port-control force-authorized alebo no authentication port-control force-authorized
Útok hrubou silou hádaním prístupových údajov pre 802.1x	Limitovanie maximálneho počtu neúspešných pokusov o autentizáciu 802.1x	dot1x auth-fail max-attempts <number>
IPv6 ND Spoofing	IPv6 ND Inspection	ipv6 nd inspection policy <policy name> drop unsecure device-role monitor tracking disable stale-lifetime infinite trusted-port interface <interface name> <interface id> ipv6 nd inspection attach-policy <policy name>
Rogue RA RA Flood Route Information Option injection RA RouterLifeTime=0	RA Guard	ipv6 nd raguard policy <polic name> device-role host|router hop-limit maximu <number> managed-config-flag on|off other-config-flag on|off match ipv6 access-list <acl name> match ra prefix-list <prefix list name> trusted-port interface <interface name> <interface id> ipv6 nd raguard attach-policy <policy name>
DHCP spoofing	DHCP snooping, IPv6 Snooping, DHCPv6 Guard	ip dhcp snooping ip dhcp snooping vlan <vlan-id> interface <interface name> <interface id> ip dhcp snooping trust no ip dhcp snooping trust
DHCP spoofing	DHCP snooping, IPv6 Snooping, DHCPv6 Guard	ipv6 snooping policy <policy name> ipv6 snooping attach-policy <policy name> prefix-glean
DHCP spoofing	DHCP snooping, IPv6 Snooping, DHCPv6 Guard	ipv6 access-list <acl name> permit host <ipv6 address> any ipv6 prefix-list <prefix list name> permit <ipv6 address> le 128 ipv6 dhcp guard policy <policy name> device-role server|client match server access-list <acl name> match reply prefix-list <prefix list name> trusted-port interface <interface name> <interface id> ipv6 dhcp guard attach-policy <policy name>
Príliš veľa DHCP paketov, zaplavenie DHCP paketmi	Obmedziť počet DHCP paketov na nedôveryhodných rozhraniach	ip dhcp snooping limit rate 100

Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Príkazy

ARP Spoofing	Dynamic ARP Inspection	`ip arp inspection vlan <vlan id>`
		`ip arp inspection validate src-mac dst-mac`
		
		na uplink
		`interface <interface name> <interface id>`
		` ip arp inspection trust`

IP spoofing	IPv4/IPv6 Source Guard	`ip verify source port-security`
		`ip verify source`
		`ip verify source vlan dhcp-snooping`
		`ip verify source vlan dhcp-snooping port-security`
		`ipv6 source-guard policy <policy name>`
		` permit link-local`
		` deny global-autoconf`
		` trusted`
		`interface <interface name> <interface id>`
		` ipv6 source-guard attach-policy <policy name>`

IPv6 Next Header a IPv6 Fragmentation útok	ACL blokujúce nerozpoznateľné rozšírené hlavičky	`ipv6 access-list <acl name>`
		` remark deny undetermined next headers`
		` deny any any undetermined-transport log-input`

Mapovanie siete pomocou pingu na multicast adresu všetkých uzlov a MLD/IGMP Query Overload a Smurf útok	ACL blokujúce ICMP echo request na multicast adresu všetkých uzlov a MLD/IGMP Query na prístupových portoch	`ip access-list extended <acl name>`
		` remark deny all node ipv4 address`
		` deny icmp any host 224.0.0.1 echo log-input`
		`ipv6 access-list <acl name>`
		` remark deny all node ipv6 address`
		` deny icmp any host ff02::1 echo-request log-input`
		` remark deny mld query`
		` deny icmp any any mld-query`

Mobilné zariadenia pripojené bezdrôtovo spotrebovávajú veľa energie kvôli častým RA správam	RA Throttling	`ipv6 nd ra-throttle policy <policy name>`
		` allow at-least <value> at-most <value>`
		` interval-option inherit`
		` max-through <value>`
		` media-type wired|access-point|wire|wifi`
		` throttle-period <value>`
		`vlan configuration <vlan id>`
		` ipv6 nd ra-throttle attach-policy <policy name>`
		
		alebo
		
		`interface <interface name> <interface id>`
		` ipv6 nd ra-throttle policy <policy name>`

Zlyhanie zariadenia alebo linky môže viest k nefunkčnosti siete	Povolenie FHRP s autentizáciou a aktuálnou verziou	`key chain <key chain>`
		` key <id>`
		`  key-string <key string>`
		`track <value> interface <interface name> <interface id>`
		` line-protocol`
		`fhrp version vrrp 3`
		`interface <interface name> <interface id>`
		` vrrp <group id> ip <ip address>`
		` vrrp priority <value>`
		` vrrp <group id> track <value> decrement <value>`
		` vrrp <group id> authentication md5 key-string <key>`
		
		alebo
		
		` vrrp <group id> authentication md5 key-chain <key chain>`

Útok / Problém	Mitigácia / Nastavenie	Príkazy
Zlyhanie zariadenia alebo linky môže viest k nefunkčnosti siete	Povolenie FHRP s autentizáciou a aktuálnou verziou	key chain <key chain> key <id> key-string <key string> track <id> interface <interface name> <interface id> interface <interface name> <interface id> standby <group id> ip <ip address> standby <group id> priority <value> standby <group id> preempt standby version 2 standby <group id> track <id> decrement <value> standby <group id> authentication md5 key-string <key> alebo standby <group id> authentication md5 key-chain <key chain>
Zlyhanie zariadenia alebo linky môže viest k nefunkčnosti siete	Povolenie FHRP s autentizáciou a aktuálnou verziou	key chain <key chain> key <id> key-string <key string> track <value> interface <interface name> <interface id> line-protocol interface <interface name> <interface id> glbp <group id> ip <ip address> glbp <group id> priority <value> glbp <group id> preempt glbp <group id> weighting <value> lower <value> upper <value> glbp <group id> weighting track <value> decrement <value> glbp <group id> authentication md5 key-string <key> alebo glbp <group id> authentication md5 key-chain <key chain>
Vyčerpanie cache susedov	Statický záznam pre kritické zariadenia (servery) spájajúce IP a MAC adresu a VLAN	ipv6 neighbor <ipv6 address> vlan <vlan id> <mac address>
Vyčerpanie cache susedov	Na zabránenie vzdialeného útoku na cache susedov cez internet je potreba nastaviť ACL, kde povoľujeme iba komunikáciu s cieľovými IPv6 adresami, ktoré sa nachádzajú v našej sieti	ipv6 access-list <acl name> remark permit only this ip permit any <ipv6>/<prefix> remark deny other deny ipv6 any any interface <interface name> <interface id> ipv6 traffic-filter <acl name> in
Vyčerpanie cache susedov	IP destination Guard (First Hop Security)	ipv6 destination-guard policy <policy name> enforcement always interface <interface name> <interface id> ipv6 destination-guard attach-policy <policy name>
Vyčerpanie cache susedov	Limitovanie času IPv6 adresy v cache susedov	ipv6 nd cache expire <time in seconds>
Komplexné bezpečnostné hrozby a narušenie bezpečnosti	Nastavenie IDS/IPS	ip ips sdf location <signature location> ip ips fail open|close ip ips <signature name> list <alc name> ip ips <signature name> in|out